

Toetsing aan normen voor regionale wateroverlast

Beheergebied waterschap Zuiderzeeland

Opdrachtgever



Toetsing aan normen voor regionale wateroverlast

Beheergebied waterschap Zuiderzeeland

Eindrapport

Auteurs

Hugo Hagedooren
Nils van der Vliet
Bertus de Graaff

PR5159.10
juli 2026

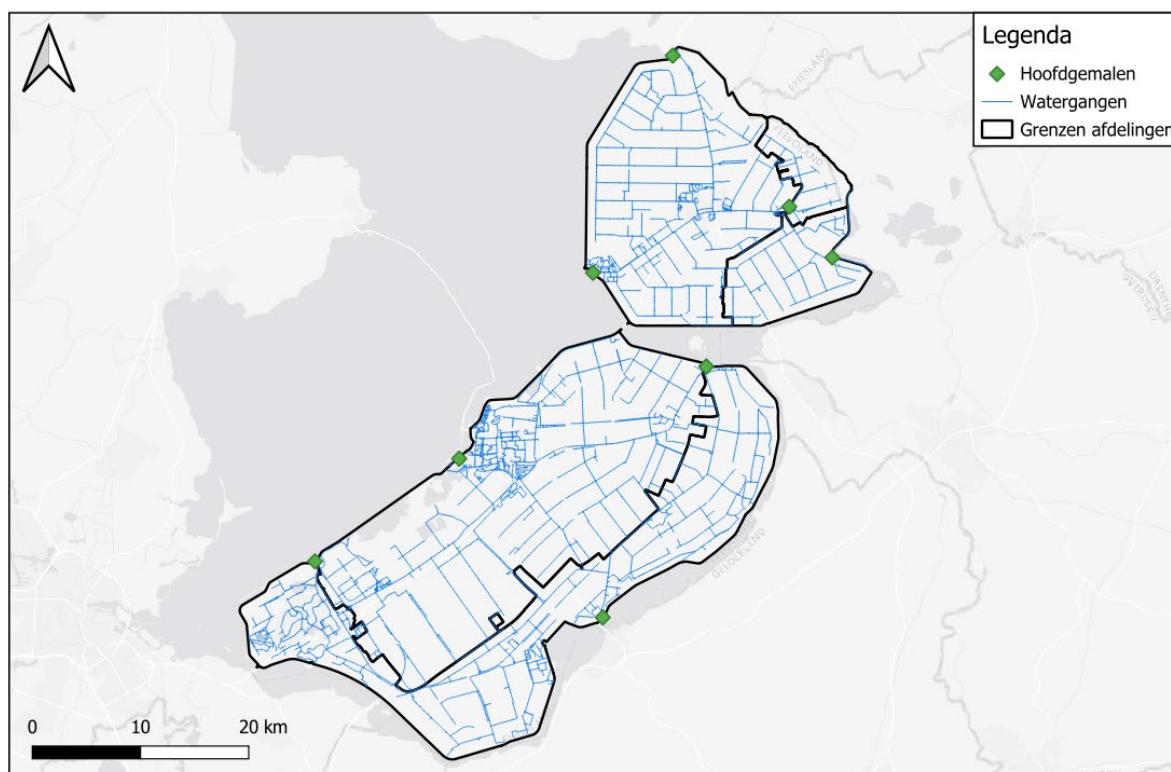
Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Leeswijzer	5
2	Modellering watersysteem	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Watersysteem en maaiveldberging (1D)	7
2.3	Sturing van kunstwerken in het watersysteem (RTC)	9
2.4	Afvoer vanuit onverharde en verharde gebieden (RR)	9
2.5	Bodemdaling	11
2.6	Beoordeling geschiktheid model voor de toetsing	12
3	Methode toetsing	14
3.1	Stochastenmethode	14
3.2	Opstellen inundatiekaarten	20
3.3	Bepalen potentiële knelpunten en wateropgave	20
4	Resultaten rekenkundige toetsing	24
4.1	Inundatiekaarten	24
4.2	Knelpuntenkaarten en wateropgave voor het huidige klimaat	28
4.3	Toekomstig klimaat en bodemdaling (zichtjaar 2050 en 2100)	33
5	Samenvatting en bevindingen	40
5.1	Samenvatting	40
5.2	Bevindingen	41
6	Referenties	42
6.1	Referenties	42
	Bijlagen	43
A	Knelpuntenanalyse	43

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Waterschap Zuiderzeeland beheert het oppervlaktewatersysteem in de polders van Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland en de Noordoostpolder. Ook de Blokzijler Buitenlanden (gemeente Steenwijkerland in de provincie Overijssel) en de woonwijk Lemstervaart (gemeente De Fryske Marren in de provincie Friesland) horen bij het beheergebied. Het beheergebied, de afdelingen per deelgebied en de hoofdgemalen van het waterschap zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Beheergebied en hoofdwatersysteem

Om te voldoen aan artikel 12.22, lid 4 van Omgevingsverordening Flevoland (geldend vanaf 01/01/2025), beoordeelt Waterschap Zuiderzeeland tenminste éénmaal per zes jaar de bergings- en afvoercapaciteit van de regionale wateren in het licht van de omgevingswaarden voor wateroverlast zoals genoemd in de artikelen 12.8, 12.9 en 12.10 van de Omgevingsverordening. De omgevingswaarden betreffen inundatiekansen als gevolg van extreme neerslag gedifferentieerd naar gebieden binnen en buiten de bebouwde kom. De vorige toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast is uitgevoerd in 2012 [2].

Ter voorbereiding op de toetsing heeft het waterschap vanuit haar basisgegevens een model van het oppervlaktewatersysteem voor haar beheergebied in D-HYDRO opgebouwd en geschikt gemaakt voor het uitvoeren van de toetsing. Het waterschap heeft aan HKV gevraagd om met dit model de toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast (hierna "de toetsing") met behulp van een probabilistische methode - de zogenaamde stochastenmethode - uit te voeren.

De toetsing is uitgevoerd voor de huidige situatie, daarnaast is in kaart gebracht hoeveel inundaties toenemen, en daarmee ook in hoeverre het oppervlak dat niet voldoet aan de normen toeneemt, door klimaatverandering en bodemdaling voor de zichtjaren 2050 en 2100.

In een cyclus van zes jaar toetst Waterschap Zuiderzeeland het watersysteem aan de normen voor regionale wateroverlast. Deze normen zijn door Provincie Flevoland vastgesteld en vastgelegd in de Provinciale Omgevingsverordening als omgevingswaarde wateroverlast, artikel 12.8, juncto 12.9, juncto 12.10 [13]. De norm is bedoeld om de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem te beoordelen. De norm geeft het minimale beschermingsniveau van het gebied weer tegen inundatie vanuit de watergangen. De norm waarop wordt getoetst voor landelijk en stedelijk gebied zijn respectievelijk 1/50ste en 1/100ste per jaar.

In 2012 is de laatste rekenkundige toetsing aan de normen uitgevoerd. Deze is in 2018 alsnog steeds geldend vastgesteld omdat de omgeving en het watersysteem nauwelijks waren veranderd. Ook waren geen nieuwe inzichten over klimaatverandering of bodemdaling die de toetsing zouden kunnen beïnvloeden.

Sinds 2018 zijn de volgende ontwikkelingen voor de toetsing relevant:

- In 2019 is door het KNMI en HKV nieuwe neerslagstatistiek afgeleid [7]. De nieuwe neerslagstatistiek geeft weer dat het klimaat al is veranderd en dat onder andere de kans op extreme neerslag groter is dan dat tot nu toe werd aangenomen. De kans op bijvoorbeeld relatief kort durende extreme neerslag van enkele uren is met meer dan een factor drie toegenomen. Voor de toetsing betekent dit dat de kans op inundaties vanuit de watergangen ook toeneemt. In 2023 is getoetst of aanleiding bestaat om de neerslagstatistiek verder te updaten [11], maar de aanvullende neerslagdata van 2019-2023 gaven daar geen aanleiding toe.
- In 2023 heeft het KNMI nieuwe klimaatscenario's gepubliceerd. Deze scenario's zijn gebaseerd op de recente inzichten van het IPCC. De KNMI'23 scenario's zijn in 2024 door het KNMI en HKV vertaald naar voor de waterschappen bruikbare data [5]. De nieuwste inzichten in klimaatverandering - zoals deze zijn opgenomen in de KNMI'23 scenario's - zijn gebruikt in de toetsing.
- Sinds de toetsing in 2012 zijn nieuwe maaiveldhoogtegegevens beschikbaar gekomen in de vorm van het AHN4, AHN5 en AHN6. Van het AHN6 wordt nog geen gebruik gemaakt aangezien deze (nog) niet voor dit beheergebied beschikbaar is. In de vorige toetsing is het AHN3 gebruikt, dat in 2016 is ingewonnen. Het AHN4 is in Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland in 2020 ingewonnen in de Noordoostpolder in 2022. Dat is ná de droge jaren 2018 en 2019, waar in gebieden met meer veen in de ondergrond mogelijk versnelde bodemdaling is opgetreden. Het AHN4 (en AHN5) geeft daarom een beter beeld van de actuele bodemhoogte.
- In 2023 is voor Provincie Flevoland en Waterschap Zuiderzeeland onderzoek gedaan naar de verwachte bodemdaling in de toekomst [10]. Deze vervangen de bodemdalingsprognoses uit 2012 [14].
- Daarnaast is ook de ruimtelijke ordening en het watersysteem veranderd ten opzichte van 2012. Denk daarbij aan stedelijke uitbreidingen en uitbreiding van de gemaalcapaciteit, zoals bij gemaal Vissering, aanleg natuurvriendelijke oevers.

Naast de wettelijke verplichting om elke 6 jaar te toetsen zijn bovenstaande aspecten voldoende reden om de toetsing volledig te herzien. Onderdeel van de toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast is een hydrologisch model.

Dit model beschrijft het bodemsysteem (het neerslag-afvoerproces met berging in en stroming door de bodem) en het oppervlaktewatersysteem (de stroming en berging in het hoofdwatersysteem en de haarvaten) en de interactie tussen beide. Met dit model worden extreme neerslaggebeurtenissen doorgerekend om de waterstanden en inundaties ten gevolge van die extreme neerslag te bepalen. Samen met de kans op die gebeurtenissen levert dit de kans op hoge waterstanden en inundaties op. De kans op inundaties wordt vervolgens vergeleken met de omgevingswaarde wateroverlast om te toetsen of het beschermingsniveau aan de norm voldoet.

Zoals eerder vermeld is het doel van de toetsing om de bergings- en afvoercapaciteit van het hoofdwatersysteem te beoordelen. Dit is vertaald naar een toetsing van inundaties aan het gewenste beschermingsniveau, maar uiteindelijk gaat het er om dat we beoordelen of de afvoercapaciteit van het watersysteem (de kunstwerken zoals duikers, stuwen en gemalen) en de bergingscapaciteit van het watersysteem (het open water in het stedelijk en landelijk gebied) voldoende zijn om een bepaalde mate van extreme neerslag op te vangen. Het model heeft als doel om deze beoordeling mogelijk te maken.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport is bedoeld als achtergronddocument om de uitgangspunten en methodiek van de toetsing te doorgronden. In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste uitgangspunten van de modellering toegelicht. Vervolgens worden de methodiek en uitgangspunten van de toetsing beschreven in hoofdstuk 3. Daarin wordt de keuze en classificering van de stochasten beschreven en de werkwijze om de waterstandstatistiek, inundatiekaarten en knelpuntenkaarten af te leiden. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de rekenkundige toetsing gepresenteerd. In het hoofdstuk is een lijst en kaart met potentiële knelpunten opgenomen en daarnaast inundatiekaarten voor de huidige situatie en het zichtjaar 2050 en 2100. Voor de zichtjaren 2050 en 2100 is de neerslagstatistiek aangepast en is de verwachte bodemdaling verdisconteerd. Tenslotte worden de resultaten samengevat in hoofdstuk 5 en worden aanbevelingen voor het vervolg gegeven.

2 Modellerings watersysteem

2.1 Inleiding

Het watersysteem is in de vorige toetsing (2012) gemodelleerd in het SOBEK2-modelinstrumentarium. Het waterschap heeft het model voor deze toetsing opgezet in de opvolger van SOBEK2, D-HYDRO, omdat de ondersteuning van SOBEK2 in 2027 stopt. D-HYDRO heeft nieuwe functionaliteiten, onder andere om inundaties van het maaiveld en sturing van kunstwerken te schematiseren.

Om de hydrologen te laten leren werken met het nieuwe instrumentarium en de nieuwe gegevens, heeft het waterschap begin 2022 een leer- en ontwikkeltraject opgestart onder begeleiding van ervaren modelleurs van het waterschap en HKV. In het begin van het traject zijn de nieuwe mogelijkheden van D-HYDRO verkend en zijn keuzes gemaakt voor de schematisering. Tegelijkertijd zijn de basisgegevens omgezet naar het landelijke HyDAMO-formaat, zodat de kwaliteit voor modellering eenvoudig kon worden gecontroleerd met de HyDAMO-Validatietool¹ en de gegevens geschikt gemaakt konden worden voor het geautomatiseerd opbouwen van D-HYDRO-modellen met de modelgenerator D-HyDAMO². De basisgegevens en het model zijn in de periode 2022 tot en met 2025 stapsgewijs gevalideerd en verbeterd totdat het model geschikt werd bevonden voor toepassing in de toetsing.

Het D-HYDRO-model (versie 2025.01) is opgezet in een Python workflow met D-HyDAMO (HYDROLIB versie 0.3.1 en HYDROLIB-core versie 0.7.0). Het model bevat de volgende componenten met tussen haakjes de bijbehorende D-HYDRO modules:

- Watersysteem en het maaiveld (1D) – zie verder paragraaf 2.2;
Dit onderdeel van het model beschrijft de stroming door de watergangen en kunstwerken (stuwen, gemalen, duikers) en de berging in de watergangen en op het maaiveld.
- Sturing van kunstwerken in het watersysteem (RTC) – dit wordt toegelicht in paragraaf 2.3;
Dit onderdeel van het model beschrijft de aan- en afslagpeilen van de gemalen en de sturing van de stuwen en andere kunstwerken.
- Afvoer vanuit het onverharde en verharde gebied (RR) naar het oppervlaktewatersysteem – zie paragraaf 2.4 voor een beschrijving.
Dit onderdeel beschrijft de weg van de neerslag van maaiveld, door de bodem en drainagemiddelen naar de kavelsloten, mede rekening houdend met de mogelijkheid van oppervlakkige afstroming over maaiveld. De berekende grondwaterstand in het RR-model kent een interactie met de oppervlaktewaterstand in het 1D-model: bij stijgende oppervlaktewaterstand wordt de uitstroming uit de bodem moeilijker en zullen ook de grondwaterstand stijgen.

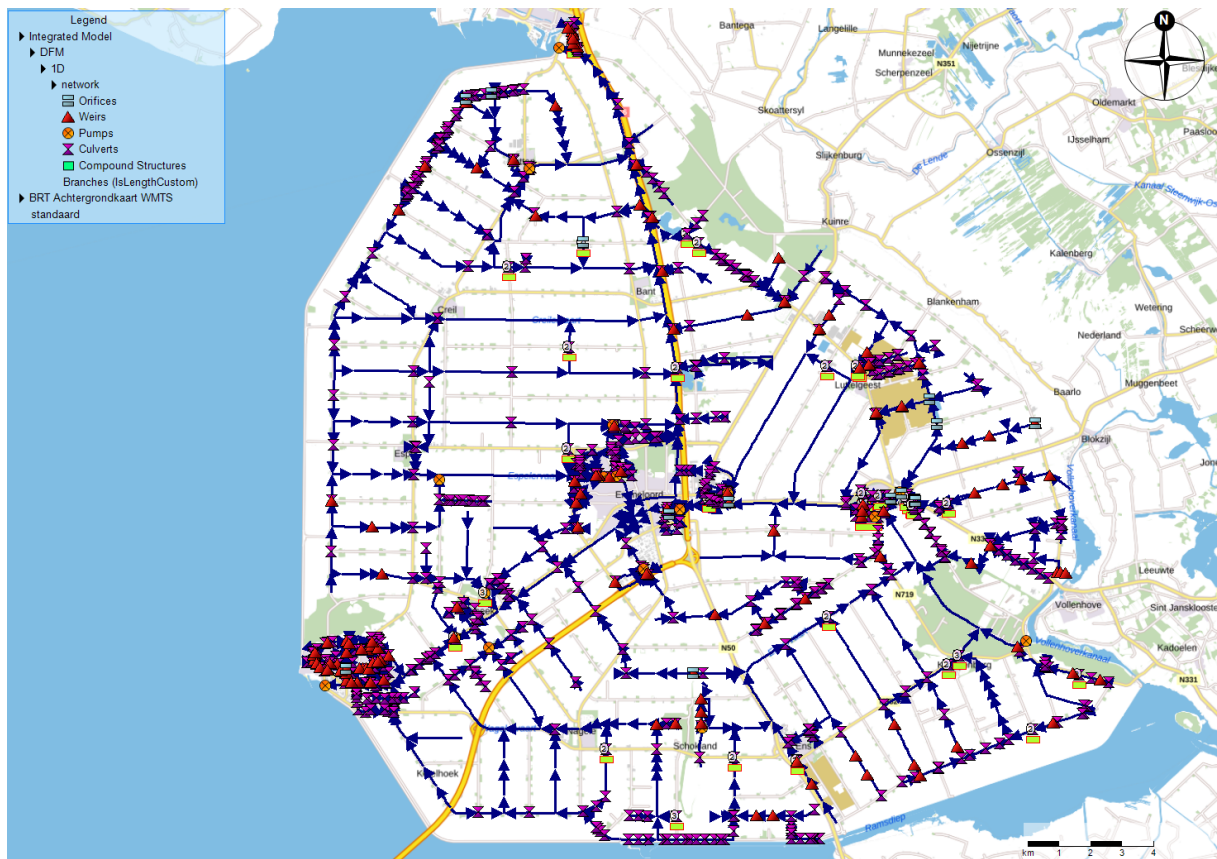
Voor de zichtjaren 2050 en 2100 is dezelfde inrichting van het watersysteem aangehouden en is rekening gehouden met bodemdaling. Hoe dat is gedaan is beschreven in paragraaf 2.5. We beschrijven in paragraaf 2.6 wijze waarop de geschiktheid van het model voor toepassing in de toetsing is vastgesteld.

¹ <https://hkvconfluence.atlassian.net/wiki/spaces/VAL/overview?homepageId=1984462869>

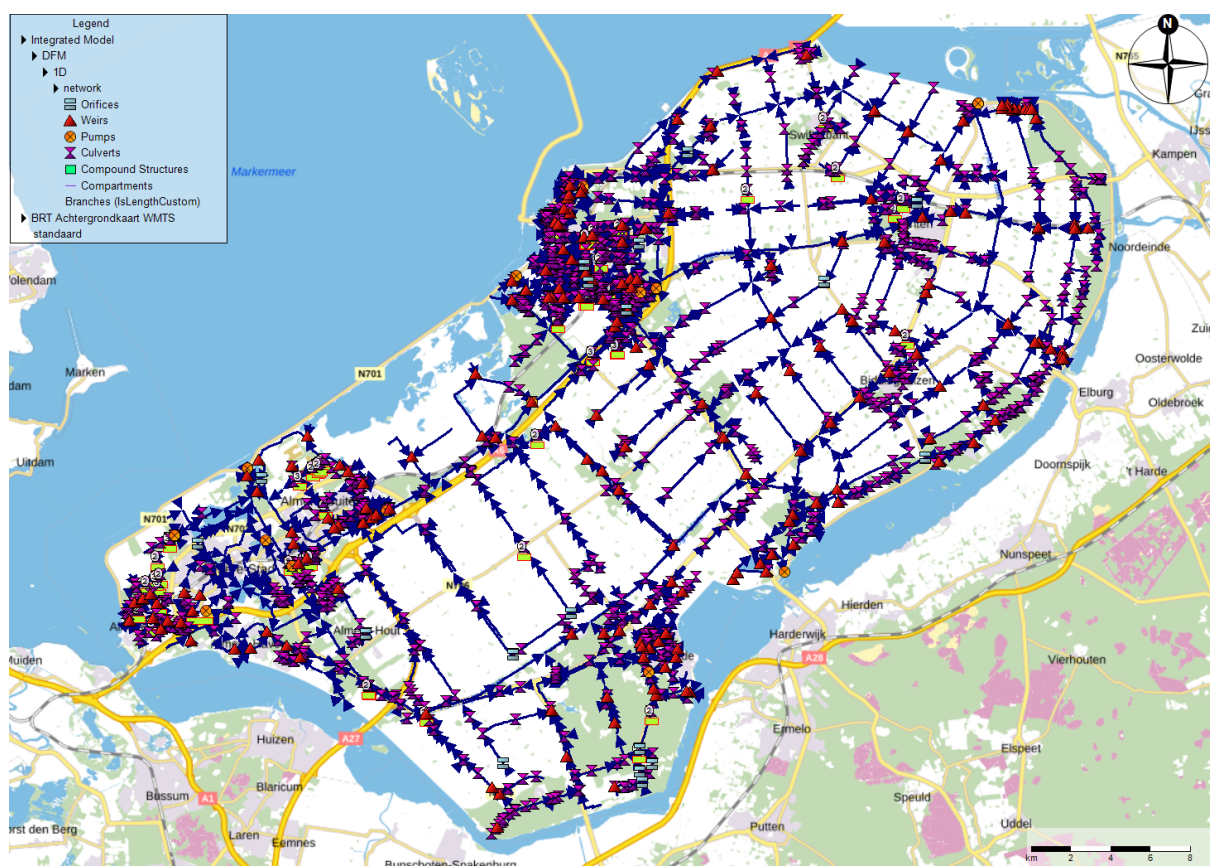
² <https://hkvconfluence.atlassian.net/wiki/spaces/DHYD/pages/222396421/Achtergrond>

2.2 Watersysteem en maaiveldberging (1D)

In het 1D-model van het watersysteem zijn waterlopen en kunstwerken zoals stuwen, duikers, onderspuiers en gemalen geschematiseerd met hun fysieke afmetingen en peilen. In Figuur 2 en Figuur 3 is voor respectievelijk de Noordoostpolder en Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland een uitsnede van het model weergegeven met daarin de geschematiseerde waterlopen (branches), gemalen (pumps), stuwen (weirs), duikers (culverts), onderspuiers (orifices) en gecombineerde kunstwerken (compound structures).



Figuur 2: Uitsnede van het model voor de Noordoostpolder met de daarin opgenomen componenten van het watersysteem



Figuur 3: Uitsnede van het model voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland met de daarin opgenomen componenten van het watersysteem

Bij de schematisatie van het watersysteem zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De hoofdvaarten, vaarten, tochten en d-tochten zijn als 1D-watervangsten opgenomen;
- De dwarsprofielen van deze watervangsten zijn overgenomen uit de legger;
- Bruggen zijn niet zodanig geschematiseerd, omdat in het beheergebied bruggen watervangsten meestal volledig overspannen en geen hydraulisch knelpunt vormen, of omdat deze als duiker in basisgegevens zijn opgenomen, dan wel als duiker in het model zijn geschematiseerd.

Het op deze wijze geschematiseerde oppervlaktewater staat in contact met het overige oppervlaktewater zoals erfsloten, kavelsloten, kwelsloten, aanvoersloten en wegsloten. Daarnaast kan water vanuit al het oppervlaktewater over het maaiveld stromen en daar tot inundaties leiden. De berging in het overige oppervlaktewater (onder andere kavelsloten en erfsloten) en het maaiveld is geschematiseerd via bergingsknopen in het 1D-model. Voor de schematisatie hebben we de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het overige oppervlaktewater en het maaiveld is geschematiseerd op het niveau van afwateringsgebieden, waarbij elk afwateringsgebied een bergingsknoop heeft;
- De bergingscurves in de bergingsknopen zijn bepaald op basis van een hoogtemodel gebaseerd op het Algemeen Hoogtebestand Nederland (zie volgende punt) en een watervlakkenbestand van al het oppervlaktewater. Bij een oplopende waterstand ten opzichte van het streefpeil is bepaald welk oppervlak van een afwateringsgebied onder water staat, waarbij losliggende inundaties die niet aan een watervlak raken zijn verwijderd. Ook zijn inundaties in 1D-gemodelleerde watervangsten en oevers verwijderd, om dubbeltelling van berging te voorkomen.
- Het hoogtemodel is op de volgende wijze tot stand gekomen:
 - Het meest recente AHN is gebruikt. Dat is voor een deel van het gebied AHN5 (DTM), voor het andere deel is dat het AHN4 (DTM);

- No-data waarden van daken van gebouwen zijn opgevuld met de hoogste waarde van het maaiveld in de omliggende cellen;
- No-data waarden in kavel-, erf-, weg- en dijksloten zijn opgevuld met de waarden van het omliggende maaiveld, overige waterlopen zijn opgevuld met het streefpeil.

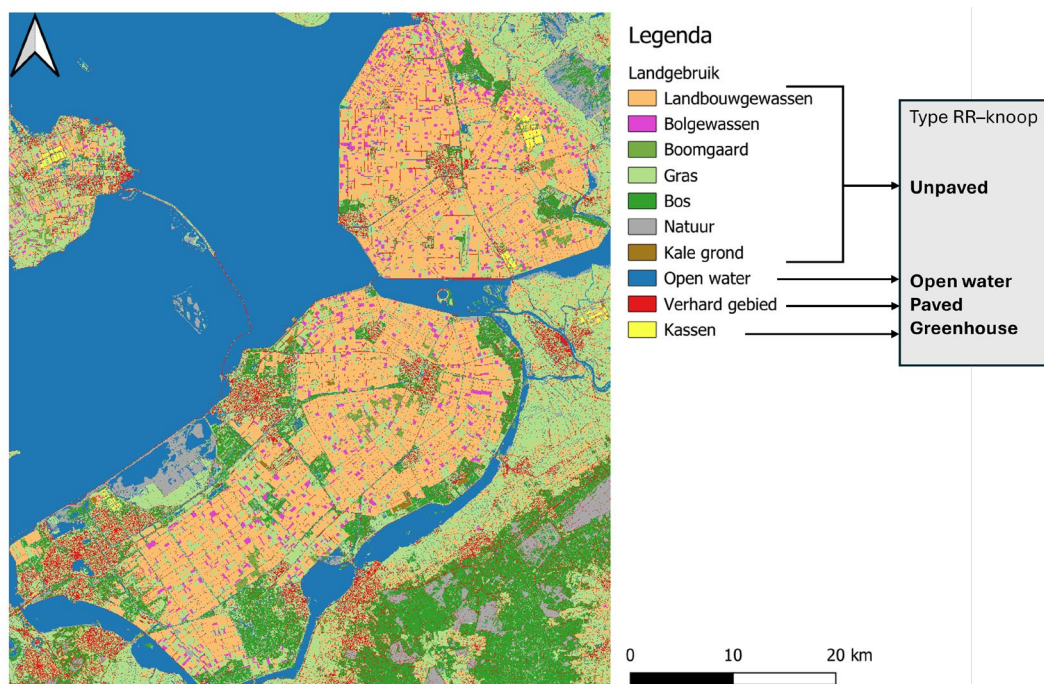
2.3 Sturing van kunstwerken in het watersysteem (RTC)

De sturing van kunstwerken is gebaseerd op het vaste streefpeil die het waterschap hanteert. Bij peilgebieden met een zomer- en winterstreefpeil is het lagere streefpeil in de winter gehanteerd. Dit doen we omdat ook in de zomer de peilen weer naar winterstreefpeil gaan als veel neerslag wordt verwacht. De kruinhoogtes van handmatige stuwen zijn op dit streefpeil ingesteld en geautomatiseerde stuwen en gemalen sturen op handhaving van het streefpeil. Automatische stuwen en onderspuiers zijn in het modelbouwsript geschematiseerd met een PID-controller die stuurt op het bovenstroomse streefpeil. Een aantal stuwen heeft een dynamische sturing die zowel op het bovenstroomse als benedenstroomse streefpeil stuurt. Deze zijn in de D-HYDRO-GUI geschematiseerd en ingeladen in de modelbouw via de D-HYDRO XML bestanden. De sturingen van de belangrijkste gemalen zijn ook geschematiseerd via het importeren van een XML bestand waarin de capaciteit, aan/afslagpeilen en meetpunten waarop wordt gestuurd zijn opgenomen.

Gemaalbeheerders kunnen anticiperen op weersverwachtingen en het streefpeil tijdelijk verlagen, zodat er meer bergingsruimte ontstaat om wateroverlast te voorkomen; het zogenaamde voormalen. Dit voormalen is niet in het model geschematiseerd, maar wel is het door de beheerders gebruikte natte scenario aangehouden – wat neerkomt op anticiperen op hoog waterbezwaar.

2.4 Afvoer vanuit onverharde en verharde gebieden (RR)

De afvoer vanuit onverharde gebieden en verharde gebieden is geschematiseerd op het niveau van afwateringsgebieden. Elk afwateringsgebied is opgesplitst in een onverharde-, verharde-, glastuinbouw- en open waterknoop. Het oppervlak van de knopen is bepaald uit het Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN) (2023) en de maaiveldhoogte is bepaald uit het hoogtemodel. Figuur 4 geeft ter illustratie een uitsnede van het model met daarin de schematisatie en vertaling van landgebruik naar RR-knopen.



Figuur 4 Uitsnede van het model met een schematisatie van onverharde en verharde gebieden

Onverhard gebied

Voor het onverharde gebied is de Ernst-drainageformule gehanteerd met CAPSIM. De parameters zijn overgenomen uit het gekalibreerde model van de toetsing van 2012. De kwel- en wegzijgingsfluxen zijn ook overgenomen uit het gekalibreerde model van de toetsing van 2012. Verder zijn specifieke model-invoerbestanden met de eigenschappen van de gerijpte bodem van Flevoland [4] overgenomen uit het model van de toetsing van 2012.

Stedelijk gebied

Voor het stedelijk gebied is uitgegaan van een schematisatie op het niveau van afwateringsgebieden. Stedelijke gebieden in Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland kennen enkel gescheiden rioolstelsels. Dit betekent dat het regenwater door het regenwaterriool naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd. In de Noordoostpolder zijn de 'oudere' stedelijke gebieden uitgelegd met gemengde stelsels, waarbij afvalwater en regenwater gezamenlijk worden ingezameld en getransporteerd naar de rioolwaterzuivering. Bij extreme neerslag kan dit systeem vol raken en stort het overtollige water over in het oppervlaktewater. De recenter aangelegde stedelijke gebieden in de Noordoostpolder kennen ook gescheiden stelsels. De kenmerken van de rioolsystemen (berging en pompovercapaciteit) van gemengde stelsels zijn opgenomen in de kernregistratie en gebruikt voor de modellering.

Glastuinbouw

De locaties en oppervlaktes van de glastuinbouwknoten zijn bepaald op basis van de landgebruikskaat (uit LGN). Voor de berging op de daken en in de regenwaterbassins zijn de standaardwaarden uit D-HyDAMO gebruikt³.

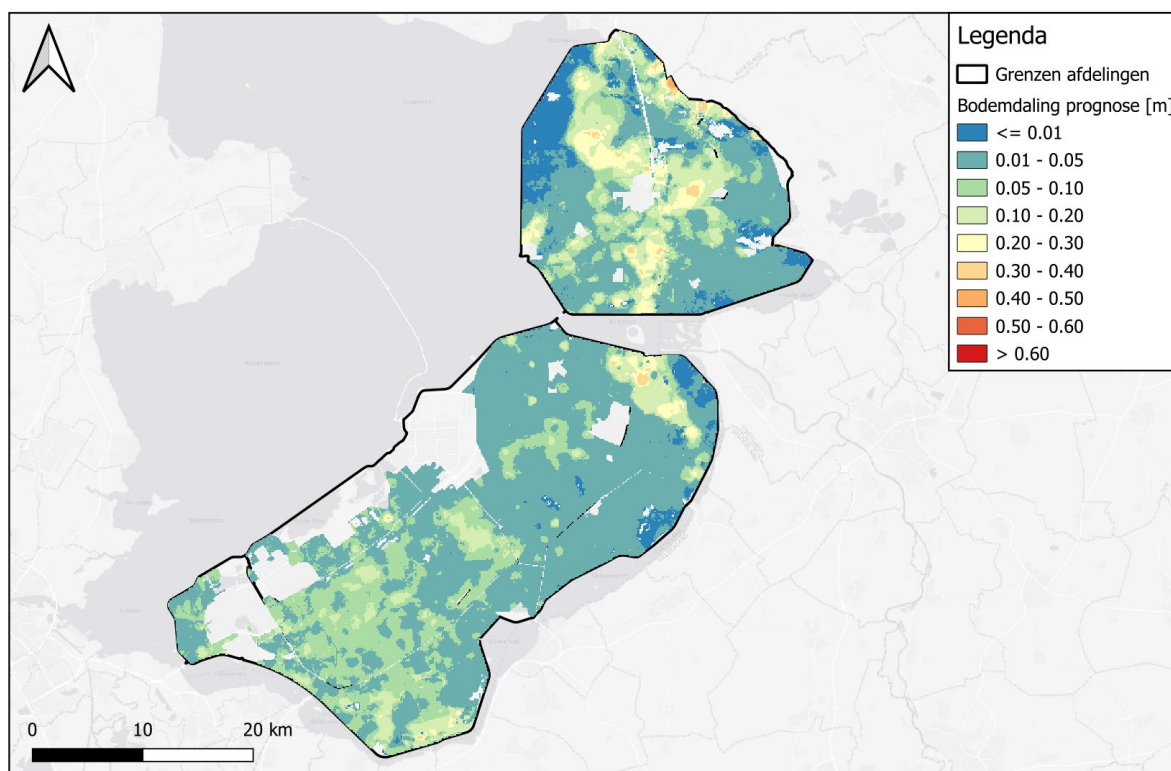
³ <https://hkvconfluence.atlassian.net/wiki/spaces/DHYD/pages/600932353/Kassen>

Open water

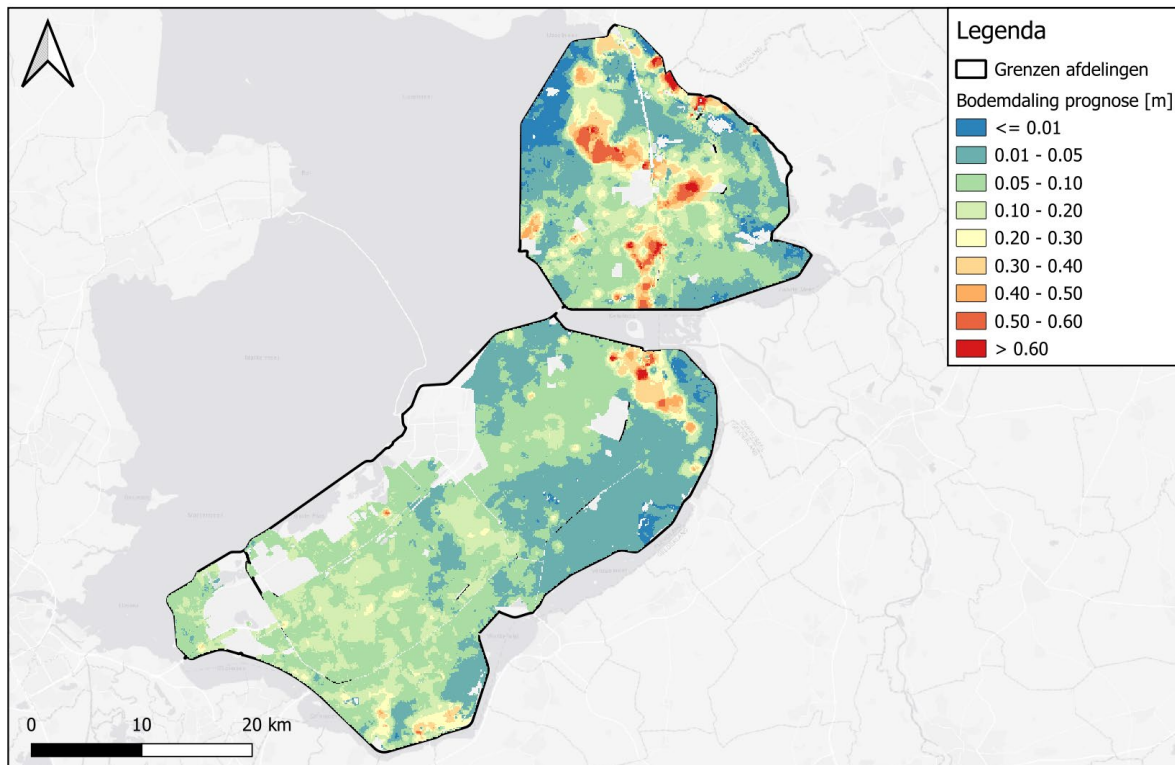
De hydraulica in het open water is in 1D-module van D-HYDRO geschematiseerd. Het open water in de RR-module wordt alleen gebruikt voor het simuleren van de neerslag op en de verdamping uit het open water en daarmee de uitwisselingsfluxen naar het in de 1D-module geschematiseerde oppervlaktewater.

2.5 Bodemdaling

De bodem in Flevoland daalt na het inpolderen van de gebieden gestaag. De bodemdalingsprognose uit 2023 [10] is voor de toetsing van de zichtjaren 2050 en 2100 in de hoogtedata verwerkt voor de toetsing aan de provinciale normen. Daarnaast is deze bodemdalingsprognose [10] verwerkt in de maaiveldhoogte van de RR-knopen en de maaiveldcurves voor berging op het maaiveld in het D-HYDRO-model. In Figuur 5 en Figuur 6 is de bodemdalingsprognose te vinden voor de zichtjaren 2050 en 2100. Dit is de basisschatting van de bodemdaling zoals bepaald in bodemdalingsprognose [10]. In het stedelijk gebied is geen prognose voor de bodemdaling beschikbaar. Huizen zijn gefundeerd en zakken niet, wegen zakken wel, maar de bodemopbouw onder de wegen is verstoord en niet natuurlijk. Daardoor is de bodemdaling daaronder niet te bepalen. Het waterschap heeft maaiveldhoogtemodellen opgesteld waarin de bodemdalingsprognose is verwerkt voor zichtjaren 2050 en 2100. Door de bodemdaling zal ook de berging ten gevolge van inundatie van de laagste delen van het maaiveld veranderen. De bodemdaling zorgt er immers voor dat bij een bepaalde waterstandsstijging een groter deel van het gebied geïnundeerd zou zijn dan zonder bodemdaling. Om deze toename van de berging in het model op te nemen zijn de bergingscurves aangepast aan de bodemdaling.



Figuur 5: Bodemdalingsprognose voor het zichtjaar 2050 t.o.v. 2020 [in m]



Figuur 6: Bodemdalingsprognose voor het zichtjaar 2100 t.o.v. 2020 [in m]

De streefpeilen zijn niet aangepast aan de bodemdaling. Daarom zijn er geen aanpassingen aan de sturingen van gemalen en stuwen doorgevoerd.

De duikers en dwarsprofielen die zijn geschematiseerd in het model liggen doorgaans in het natte gedeelte waardoor er geen bodemdaling is door inklinking en rijping van klei of veenoxidatie. Daarom zijn de dimensionering en hoogtes van deze objecten niet aangepast in de modellen voor de zichtjaren 2050 en 2100.

In overeenstemming met de toetsing uit 2012 [2] zijn de drainagekenmerken (drainagediepte en weerstand) niet gecompenseerd voor bodemdaling. De reden hiervoor is dat de bodemdaling naar verwachting met name plaatsvindt in het nog ongerijpte deel van de bodem, vlak boven en onder de drainage. De drainage zal daardoor (deels) meezakken met de bodemdaling. Bovendien is de verwachting dat in de landbouwpercelen waar de drainage te ondiep zou komen te liggen, en een negatieve invloed op de opbrengsten zou hebben, de drainage door de eigenaar zal worden geïntensiveerd en/of verdiept. De onzekerheden in het gedrag van de drainage en de menselijke invloed hierop schatten we voorsnag te groot in om te kwantificeren. De drainagekenmerken zijn daarom niet aangepast in de modellen die de toekomstscenario's beschrijven.

2.6 Beoordeling geschiktheid model voor de toetsing

Doorgaans wordt de geschiktheid van een model voor de toetsing beoordeeld op basis van de kalibratie en validatie van het model en eventueel een fictieve hoogwaterberekening als de extremititeit van de kalibratie- en validatieperiodes onvoldoende hoog is om het gedrag van het model in dat bereik te controleren (<T100 bui).

Vanwege de tevredenheid over de kalibratie van het model van de toetsing uit 2012 en omdat er tussen 2012 en 2025 nauwelijks aanvullende extreme gebeurtenissen zijn opgetreden om het model aan te toetsen, is ervoor gekozen om de kalibratieparameters van het SOBEK2 model uit 2012 te gebruiken en het nieuwe D-HYDRO model alleen te valideren.

De geschiktheid van het D-HYDRO model voor de toetsing is bepaald door de volgende controles en testberekeningen:

- De kwaliteit van de invoergegevens uit de kernregistratie is getest met de HyDAMO Validatietool, de uitkomsten hiervan zijn gebruikt om de kernregistratie te verbeteren.
- Leegloopberekeningen zijn uitgevoerd om te controleren of alle watergangen op elkaar aansluiten en de peilscheidende kunstwerken goed functioneren.
- Stationaire testberekeningen met een half maatgevende afvoer zijn uitgevoerd om een beeld te krijgen van het functioneren van het model bij een normale situatie. Bij deze belasting mag het verhang in de waterlopen en de opstuwing over kunstwerken niet te groot zijn.
- Een aantal afwateringseenheden die (nagenoeg) identiek zijn binnen het D-HYDRO-model en het SOBEK-model uit de vorige toetsing (2012) zijn verder geanalyseerd. Voor deze eenheden zijn analyses uitgevoerd om de gemodelleerde RR-interactie van het D-HYDRO-model te vergelijken met die van het SOBEK-model. Voor deze "points of interest" is gekeken naar de grondwaterstanden, oppervlakkige afstroming, waterstandsverloop in het watersysteem en de berging op maaiveld.
- Het SOBEK model en het D-HYDRO model zijn doorgerekend met een aantal buien die overeen komen met een T100 situatie. De piekwaterstanden en afvoeren van beide modellen zijn vergeleken voor deze hoogwatersituatie.

Op basis van bovenstaande controles en testberekeningen is het D-HYDRO model geschikt bevonden voor het uitvoeren van de toetsing. Verschillen tussen de uitkomsten uit het model dat is gebruikt voor de toetsing uit 2012 en het nieuwe model zijn verklaarbaar door veranderingen in het watersysteem, de sturing van het watersysteem of de verandering van de omgeving.

3 Methode toetsing

In dit hoofdstuk wordt de methode toegelicht die is gevolgd om waterstandstatistiek te bepalen (paragraaf 3.1) om inundatiekaarten (paragraaf 3.2) en potentiële knelpuntenkaarten te maken en de wateropgave te bepalen (paragraaf 3.3).

3.1 Stochastenmethode

De waterstandstatistiek wordt in deze toetsing bepaald met de stochastenmethode [12]. In de stochastenmethode worden de drijvende krachten achter hoogwaters geanalyseerd en geschematiseerd in klassen met bijbehorende kansen, zogenaamde stochasten. Eventuele correlaties tussen stochasten worden daarbij ook meegenomen. Alle mogelijke combinaties van stochasten worden doorgerekend en voor elke combinatie wordt de maximale inundatiediepte bepaald. De waterstandstatistiek wordt vervolgens afgeleid uit de maximale waterstanden (per rekenpunt) en de bijbehorende kansen van de stochastencombinaties. Hieronder werken we de stochastenmethode in meer detail uit.

3.1.1 Stochasten en klasseindeling

Met de stochastenmethode rekenen we drie scenario's door: 1) het huidige klimaat en de huidige maaiveldhoogte, 2) het klimaat en de maaiveldhoogte rondom zichtjaar 2050 en 3) het klimaat en de maaiveldhoogte rondom zichtjaar 2100. Voor alle zichtjaren selecteren we voor het klimaat het meest extreme klimaatscenario: het hoge uitstoot scenario (H). Dit klimaatscenario is vergelijkbaar met de scenario's die gebruikt zijn in de vorige toetsing [2] en voorgeschreven in het rekenvoorschrift voor de Flevolandse norm [9].

De volgende stochasten zijn relevant voor deze toetsing:

- Seizoen (2 klassen), zomer en winter;
- Neerslagduur (3 klassen), 24 uur, 48 uur en 96 uur;
- Neerslagvolume (10 klassen) volgens STOWA'24 [5];
- Neerslagpatronen (7 patronen) volgens STOWA'24 [5];
- Bodemconditie (3 klassen);
- Falen gemalen (2 klassen);
- Begroeiing (2 klassen).

Deze stochasten worden hierna verder uitgewerkt.

Seizoen

Het seizoen is bepalend voor de begroeiingstoestand van de watergangen, de neerslagpatronen, de kans op een bepaald neerslagvolume en de initiële bodemtoestand voorafgaand aan een extreme neerslaggebeurtenis. We maken onderscheid in zomer en winter en sluiten aan op de classificatie van de seizoenen volgens de neerslagstatistiek van STOWA'24 [5]:

- Zomer: maart tot en met oktober, hiervoor passen we de jaarrond statistiek toe. Zie voor de argumentatie daarvoor STOWA'24 [5].
- Winter: november tot en met februari, hiervoor passen we de statistiek voor de winter toe.

Neerslagduur

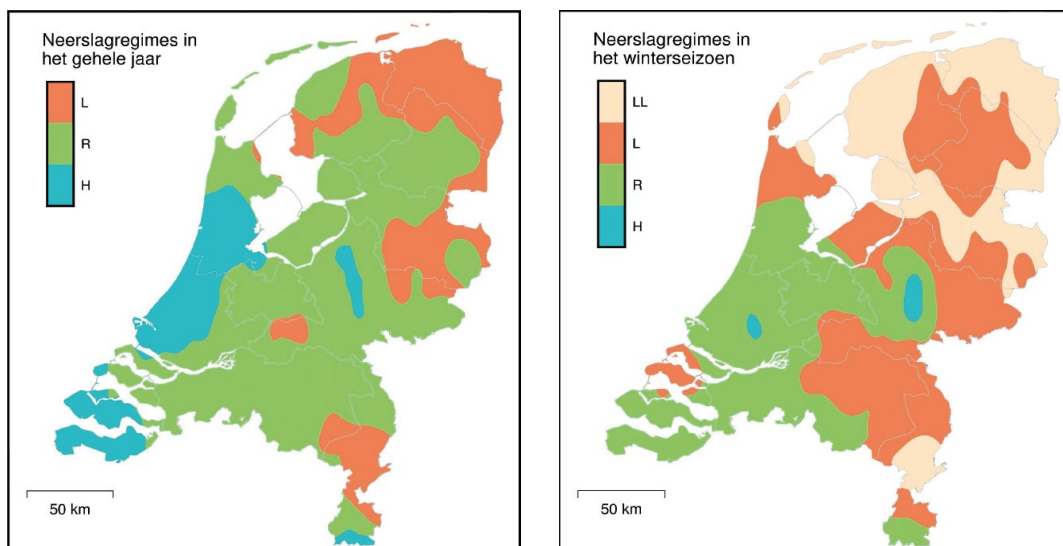
In het algemeen kunnen voor de stochastenmethode neerslagduren van 4 uur, 8 uur, 12 uur, 24 uur, 48 uur, 96 uur, 192 uur en 216 uur te worden gesimuleerd om tot hoogwaterstandstatistiek te komen in regionale oppervlaktewatersystemen. De praktijk wijst echter uit dat niet al deze neerslagduren hoeven te worden gesimuleerd om tot betrouwbare statistiek te komen. Bij de vorige toetsing is gebleken dat duren van 48 en 96 uur maatgevend zijn voor het overgrote deel van het gebied. Langere duren leiden niet tot hogere kans-waterstandsrelaties. Voor stedelijk oppervlaktewater blijken duren van 48 tot 96 uur ook maatgevend te zijn, maar kan in een enkel gebied een duur van 24 uur hogere waterstanden opleveren. Om het aantal modelsimulaties te beperken kiezen we daarom voor één langere duur van 96 uur en twee kortere duren van 24 uur en 48 uur. De duur van 96 uur zal maatgevend zijn voor relatief langzaam reagerende systemen, zoals het landelijk gebied in de benedenstroomse delen van het watersysteem. De kortere duren zullen maatgevend zijn voor stedelijk gebied en de bovenstroomse gelegen landelijke systemen. Met de duur van 24 uur wordt ook de statistiek voor de korte duren meegenomen. Deze statistiek is verbeterd in STOWA'19 [7].

De neerslagduur is bepalend voor de gehanteerde neerslagpatronen en de kans op een bepaald neerslagvolume. Voor de duur zelf wordt geen kansverdeling gehanteerd. In plaats daarvan wordt bij het bepalen van de statistiek van waterstanden/inundatiedieptes per terugkeertijd het maximum genomen van de waarde die volgt uit de verschillende neerslagduren. Op die manier wordt per locatie en per terugkeertijd altijd uitgegaan van de maatgevende neerslagduur.

Neerslagvolume

De stochast voor de neerslagvolumes is opgedeeld in 10 klassen tussen het T1 neerslagvolume en het T1000 neerslagvolume per neerslagduur. Voor de verschillende duren hanteren we een andere klasseindeling zodat voor alle neerslagduren de extremiteit van de gebruikte neerslagvolumes ongeveer gelijk is. Deze frequenties zijn vastgesteld in de neerslagstatistiek uit 2024 [5]. De frequenties van de klassen variëren per seizoen (zomer/winter) en neerslagregime (Figuur 7).

Het beheergebied van ZZL valt voor het gehele jaar in het regime R en voor het winterseizoen in regio R, L en LL. We kiezen als bovengrensbenadering voor de regio met de hoogste neerslagvolumes. Dit is voor zowel het gehele jaar als de winter regio R, met een regiofactor van 1. Tabel 1, Tabel 2 en Tabel 3 geven de klasseindeling en frequenties voor neerslagduren van 1, 2 en 4 dagen voor het huidige klimaat.



Figuur 7: Neerslagregimes in Nederland (STOWA, 2019)

Geen neerslagspreiding toegepast

Vanwege de omvang van de afdelingen in de Noordoostpolder en Zuidelijk en Oostelijk Flevoland zou er rekening kunnen worden gehouden met neerslagspreiding. Een regenbui valt daardoor vaak niet in het hele peilvak tegelijk en even intensief. Bij deze toetsing is besloten geen rekening te houden met neerslagspreiding omdat:

1. De maatgevende duren 48 tot 96 uur betreft. Voor die duren is de gebiedsreductiefactor van de neerslag (de mate van correctie van de bui voor het gebiedseffect) gering.
2. Studies naar de gevolgen van klimaatverandering laten zien dat de kans op ruimtelijk uitgestrekte extreme gebeurtenissen, zoals de extreme neerslaggebeurtenis in juni 2021 in Limburg, Duitsland en België, al groter is en nog groter wordt door verdergaande opwarming.

Neerslagvolume (mm)	Ondergrens (mm)	Bovengrens (mm)	Frequentie (/winter)	Frequentie (/zomer)	T (winter)	T (zomer)
36	30	42	4.10E-01	1.49E+00	2	0,5
48	42	54	6.61E-02	3.90E-01	12	2
60	54	66	1.31E-02	1.23E-01	58	5
72	66	78	3.04E-03	4.49E-02	237	13
84	78	90	8.09E-04	1.83E-02	853	29
96	90	102	2.40E-04	8.13E-03	2748	60
108	102	114	7.82E-05	3.89E-03	8076	118
120	114	126	2.76E-05	1.98E-03	21930	219
132	126	138	1.05E-05	1.06E-03	55556	387
>138	138		7.51E-06	1.52E-03	133156	656

Tabel 1: Klasseindeling en frequenties neerslagvolumes voor een neerslagduur van **24 uur** en huidig klimaat

Neerslagvolume (mm)	Ondergrens (mm)	Bovengrens (mm)	Frequentie (/winter)	Frequentie (/zomer)	T (winter)	T (zomer)
52	46	58	1.85E-01	6.41E-01	4	1
64	58	70	4.73E-02	2.18E-01	15	3
76	70	82	1.33E-02	8.17E-02	52	7
88	82	94	4.03E-03	3.32E-02	164	16
100	94	106	1.32E-03	1.45E-02	486	36
112	106	118	4.58E-04	6.69E-03	1353	73
124	118	130	1.69E-04	3.25E-03	3561	144
136	130	142	6.53E-05	1.66E-03	8918	270
148	142	154	2.65E-05	8.76E-04	21368	489
> 154	154		2.04E-05	1.17E-03	49020	856

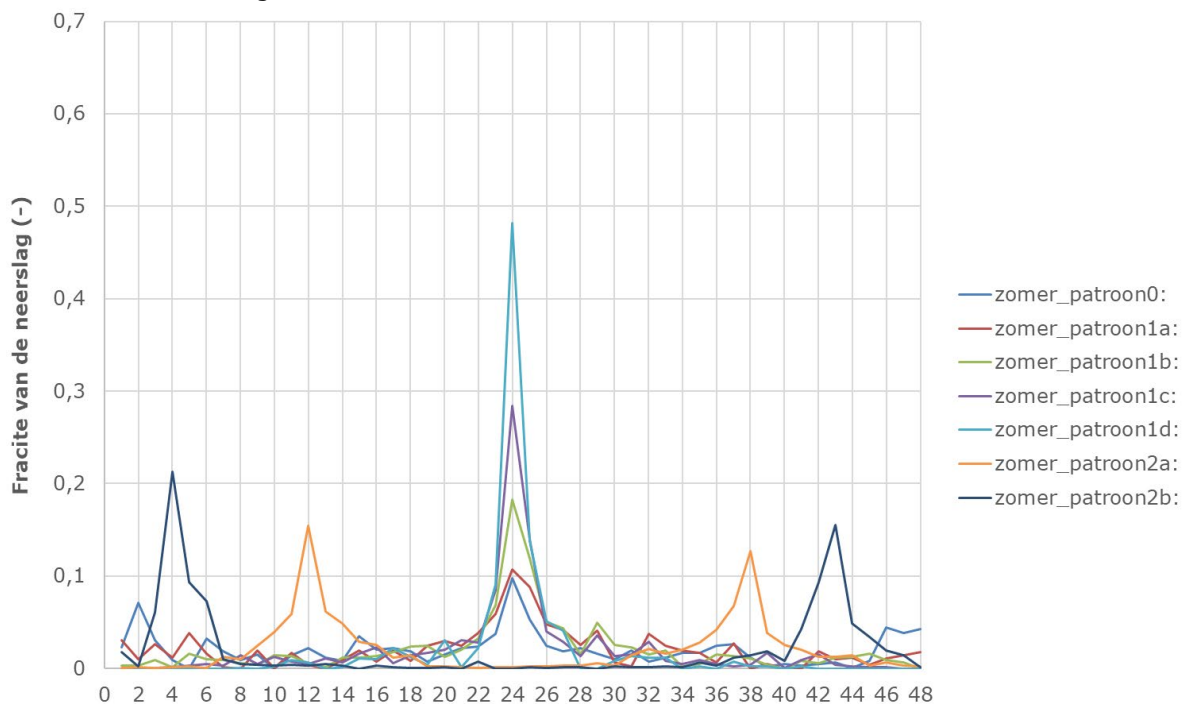
Tabel 2: Klasseindeling en frequenties neerslagvolumes voor een neerslagduur van **48 uur** en huidig klimaat

Neerslagvolume (mm)	Ondergrens (mm)	Bovengrens (mm)	Frequentie (/winter)	Frequentie (/zomer)	T (winter)	T (zomer)
60	54	66	3.49E-01	8.98E-01	2	1
72	66	78	1.19E-01	3.51E-01	5	2
84	78	90	4.17E-02	1.43E-01	15	4
96	90	102	1.49E-02	6.09E-02	42	9
108	102	114	5.45E-03	2.68E-02	114	20
120	114	126	2.04E-03	1.22E-02	301	43
132	126	138	7.77E-04	5.72E-03	780	88
144	138	150	3.02E-04	2.76E-03	1981	179
156	150	162	1.20E-04	1.37E-03	4937	352
> 162	162		8.27E-05	1.48E-03	12092	676

Tabel 3: Klasseindeling en frequenties neerslagvolumes voor een neerslagduur van 96 uur en huidig klimaat

Neerslagpatronen

Zowel voor de zomer als de winter zijn via Meteobase [8] 7 patronen beschikbaar, zie bijvoorbeeld Figuur 8. Deze patronen en bijbehorende kansen zijn verschillend per seizoen en neerslagduur. Alle patronen worden doorgerekend.



Figuur 8: De 7 neerslagpatronen uit STOWA'19 [7] voor de zomer en een neerslagduur van 48 uur

Bodemconditie

De initiële bodembergings kan worden gecategoriseerd op basis van de grondwaterstand en het bodemvochtgehalte in de onverzadigde zone. Deze stochast is vereenvoudigd door de bodemvochttoestand gelijk te stellen aan de evenwichtsbodemtoestand die wordt berekend door het CAPSIM model bij de bijbehorende grondwaterstand en het opgelegde bodemtype. Alleen de grondwaterstand is vervolgens stochastisch gemodelleerd. Per seizoen (zomer/winter) zijn er 3 klassen (droog, gemiddeld en nat) van de grondwaterstand afgeleid met een gelijke kans (1/3). De realisatie van de grondwaterstand is de mediaan van die klasse. Onder het kopje "Seizoen" is beschreven welke maanden van het jaar de zomer en welke maanden van het jaar de winter betreffen.

Voor het bepalen van de kans op de grondwaterstand is het RR-model voor een recente langjarige periode van 20 jaar (1993 – 2022) doorgerekend. Het RR-model is doorgerekend met een offline koppeling, waarin de waterstanden op de koppelpunten tussen het 1D-model en het RR-model op streefpeil zijn gezet. Hierdoor was het niet nodig om inlaten te schematiseren om de waterstanden in het 1D model op peil te houden. We merken hierbij op dat berekening in droge periodes niet is geschematiseerd, waardoor de grondwaterstanden tijdens deze periodes naar alle waarschijnlijkheid lager zijn dan in de praktijk het geval is. Het model kan daarmee de kans op een droge grondwatersituatie in de zomerperiode overschatten.

De op deze wijze afgeleide stochast voor de initiële bodemberging is representatief voor het huidige klimaat. Voor de klimaatscenario's kan de bodemberging veranderen, afhankelijk van wijzigingen in het grondgebruik en aanpassingen in de drainage. Op voorhand is dat niet bekend. In deze toetsing is aangenomen dat de kansen op de initiële bodemtoestand niet wijzigen door klimaatverandering doordat grondgebruikers een ongewijzigde grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld nastreven en maatregelen zullen nemen om deze te handhaven.

Falen gemalen

Het falen van gemalen is geschematiseerd door de capaciteit van de hoofdgemalen in D-HYDRO met 30% te verminderen. Hierin is zowel de invloed van het falen van de hoofdgemalen als de invloed van beperking van de gemaalcapaciteit door wind verwerkt. De kans op falen wordt ingeschat op 5%. De kans op falen van de gemalen is dus opgedeeld in 2 klassen, één klasse met de gemaalcapaciteit op 100% met een kans van 95% en één klasse met de gemaalcapaciteit op 70% met een kans van 5%. Het falen is daarmee overgenomen uit de vorige toetsing [2].

Begroeiing

In de toetsing uit 2012 [2] was deze stochast gedefinieerd door een kans van 1/3 toe te wijzen aan een ruwheid van Bos&Bijkerk 23 en een kans van 2/3 voor Bos&Bijkerk 30. Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op metingen in de Mosseltocht. Ook was geen onderscheid gemaakt tussen zomer en winter. In onderhavige toetsing wordt wel onderscheid gemaakt tussen zomer en winter en daarom nemen we aan dat in de winter 1 realisatie voorkomt voor de begroeiing die gelijk is aan de Bos&Bijkerk waarde van 30. Dit komt overeen met een schone watergang. Voor de zomer worden twee realisaties geschematiseerd met een Bos&Bijkerk waarde van 23 en 30 met beide een kans van 1/2. De stochast begroeiing is dus opgesplitst in 3 klassen.

Aantal simulaties in D-HYDRO

In totaal zijn dit 1260 (= 2 seizoenen x 10 volumeklassen x 7 neerslagpatronen x 3 bodemcondities x 2 klassen voor falen van gemalen x 1,5 klassen voor begroeiing) combinaties per zichtjaar. Daarnaast rekenen we de combinaties door voor buiduren van 24 uur, 48 uur en 96 uur (x3). Dat zijn per zichtjaar dus 3.780 (= 3x1260) combinaties. Voor de zichtjaren 2050 en 2100 worden de bodemdalingsprognoses in de modellering meegenomen en daarvoor dienen dus ook simulaties te worden gemaakt. We simuleren in totaal 11.340 combinaties.

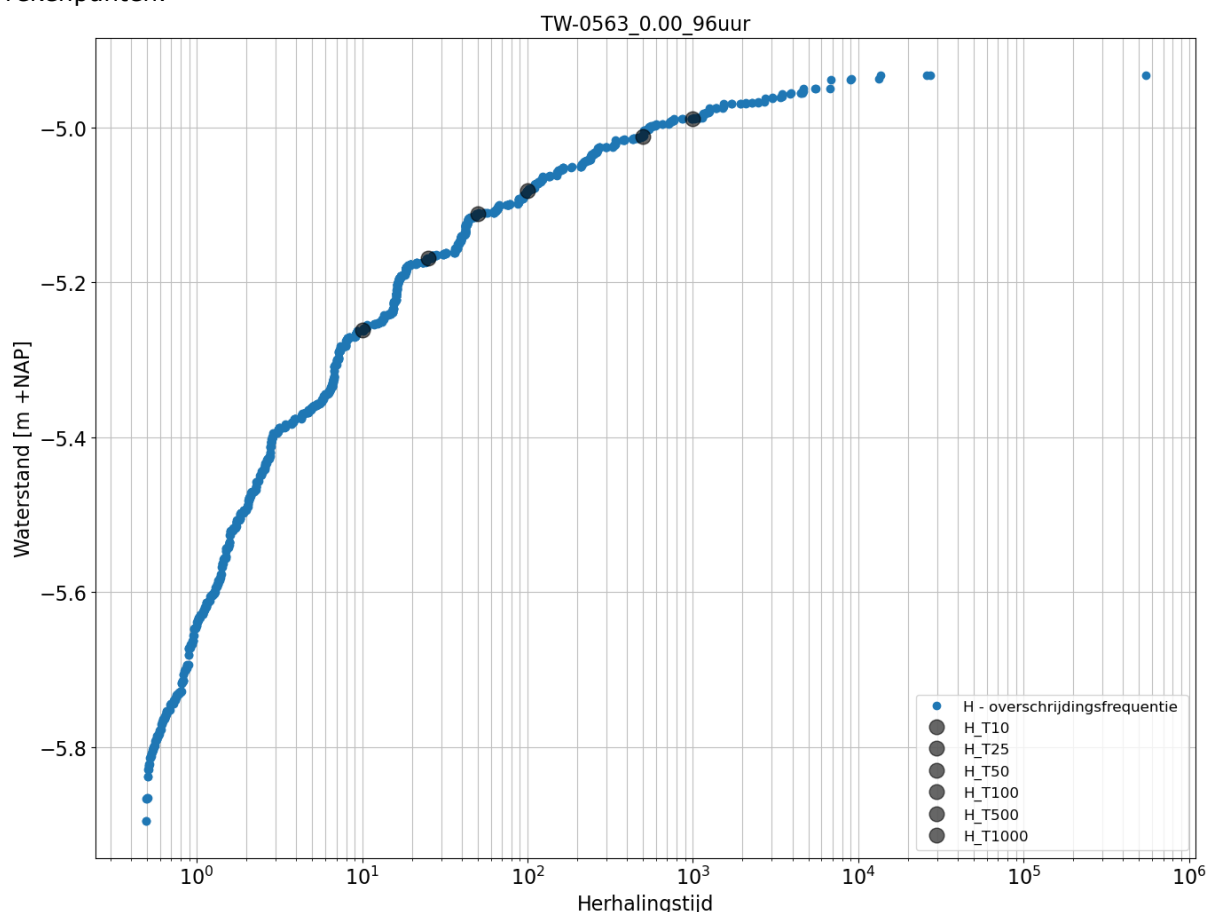
3.1.2 Afleiden waterstandstatistiek

De waterstandstatistiek is per rekenpunt, voor elk zichtjaar en neerslagduur afzonderlijk op de volgende wijze bepaald:

1. Voor elke simulatie is de maximale waterstand per rekenpunt uitgelezen;

2. De gecombineerde kans van elke simulatie is berekend door de kansen van de verschillende stochasten te vermenigvuldigen. Het resultaat van deze eerste twee stappen is een database van alle stochastencombinaties met de maximale waterdieptes en gecombineerde kansen per rekenpunt;
3. Per rekenpunt zijn de waterstanden gesorteerd van hoog naar laag, waarbij de gecombineerde kans is meegenomen. In het geval van gelijke waterstanden is een secundaire sortering van hoog naar laag toegepast op de gecombineerde kans;
4. Vervolgens is de cumulatieve som van de kansen bepaald, dit is de overschrijdingskans;
5. Door de overschrijdingskans en waterstanden te plotten op logaritmische schaal krijgen we de waterstandskansgrafieken, zie een voorbeeld hiervan in Figuur 9.
6. Hierin is logaritmisch (ln) geïnterpoleerd tussen de punten om de T10, T25, T50, T80, T100, T500 en T1000 waterdieptes te bepalen voor elk rekenpunt en elke neerslagduur;
7. De bovenstaande stappen zijn voor alle neerslagduren uitgevoerd, in dit geval 24 uur, 48 uur en 96 uur en ook voor alle zichtjaren. Voor elk rekenpunt is per zichtjaar en per herhalingsstijd (T10, T25, T50, T80, T100, T500 en T1000) de maximale waterstand geselecteerd over deze duren.

Het resultaat hiervan is een database met waterstandstatistiek voor alle zichtjaren in alle rekenpunten.



Figuur 9: Voorbeeld van een waterstandkansgrafiek op een willekeurig 1D rekenpunt in de Noordoostpolder

3.2 Opstellen inundatiekaarten

Door de grote hoeveelheid aan data en het gebruik van een ruimtelijk nauwkeurig hoogtegrid hebben we ervoor gekozen om per afwateringseenheid een representatieve waterstand te bepalen om die vervolgens te vertalen naar een inundatiegrid. Dit houdt de rekentijden voor de analyses binnen aanvaardbare tijden.

De representatieve waterstanden zijn bepaald door per herhalingsstijd het 80^e percentiel van alle waterstanden in alle rekenpunten binnen de afwateringseenheid te bepalen. Dit 80^e percentiel is gekozen op basis van een analyse van de waterstanden per rekenpunt voor een aantal testsimulaties. Doordat de afwateringseenheden doorgaans gescheiden zijn door kunstwerken is het verhang binnen één afwateringseenheid beperkt. We gaan vervolgens aan de conservatieve kant zitten door het hogere percentiel te kiezen. Dit levert een beperkte overschatting van de problematiek. Dit resulteert uiteindelijk in een dataset met representatieve waterstandstatistiek per afwateringseenheid voor het huidige klimaat, het zichtjaar 2050 en het zichtjaar 2100.

Per afwateringsgebied is nu voor alle zichtjaren statistiek van piekwaterstanden bekend voor herhalingsstijden van eens per 10, 25, 50, 100, 500 en 1000 jaar. Deze hebben we ruimtelijk opgelegd aan het maaiveldhoogte-bestand (resolutie 0,5 m) van de toetsing. Het kan zijn dat hierdoor inundaties ontstaan die niet raken aan het oppervlaktewater en dus niet kunnen optreden door het buiten de oevers treden van de watergangen. Deze inundaties zijn uit de inundatiekaarten gefilterd in lijn met de wijze waarop de bergingscurves in het D-HYDRO model zijn geschematiseerd.

Het resultaat van deze stap zijn inundatiekaarten op een resolutie van 0,5 meter per zichtjaar en per herhalingsstijd. Deze kaarten zijn vervolgens gebruikt om te toetsen aan de provinciale normen voor wateroverlast.

3.3 Bepalen potentiële knelpunten en wateropgave

Om de potentiële knelpunten te bepalen is er als eerste een normeringskaart toegeleverd door de provincie. Vervolgens is met deze normeringskaart en de inundatiekaarten uit het vorige hoofdstuk een knelpuntenkaart afgeleid. Tenslotte is de wateropgave (oppervlak en volume van knelpunten) bepaald op basis van deze knelpuntenkaart. Hieronder zijn de stappen die daarvoor nodig zijn beschreven.

De potentiële knelpunten die in deze stap zijn vastgesteld zijn het resultaat van de rekenkundige toetsing. De plausibiliteit van deze rekenkundige toetsing is gevalideerd in een beheerdersoordeel. Er volgt nog een nadere analyse van de potentiële knelpunten om in kaart te kunnen brengen welke knelpunten uiteindelijk overblijven als wateropgaven. De wateropgaven worden in een definitieve knelpuntenkaart vastgelegd.

3.3.1 Normeringskaart

De Noordoostpolder en Zuidelijk en Oostelijk Flevoland zijn indertijd ontworpen met een inundatiekans van 1/100 per jaar met de verwachting dat dit door bodemdaling zou uitmonden in een inundatiekans van gemiddeld 1/80 per jaar. De normering voor wateroverlast is op die ontwerpcriteria gebaseerd.

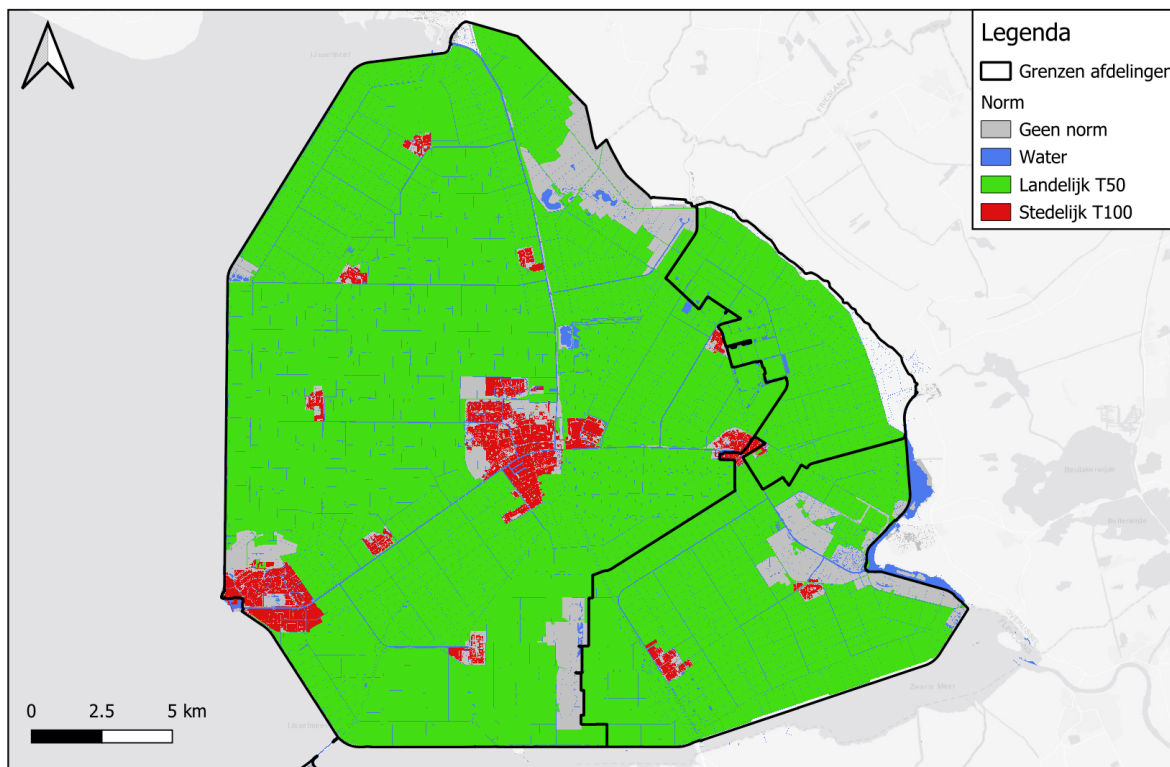
De provincie Flevoland heeft het beschermingsniveau tegen inundaties vanuit het oppervlaktewater vastgelegd in de normen voor wateroverlast in de provinciale omgevingsverordening, zie Tabel 4. Daarvoor heeft de Provincie een kaart opgesteld met omgevingswaarden die bij die norm horen. Het waterschap heeft de omgevingswaarde en normen vertaald naar een normeringskaart met daarin per functie een norm. Daarbij is rekening gehouden met stedelijke ontwikkelingen die sinds de vaststelling van de provinciale normeringskaart hebben plaatsgevonden. Daarnaast zijn de oevers van watergangen en stedelijk groen, zoals plantsoenen, in deze kaart als 'normvrij' aangewezen. Als dit niet was gecorrigeerd waren alle oevers als knelpunt aangewezen. Hiertoe is besloten om het beheerdersoordeel effectiever uit te kunnen voeren; hierdoor komen bij het beheerdersoordeel dergelijke locaties niet als knelpunt naar voren.

De uitgangspunten voor deze normeringskaart en de toetsingsmethode zijn beschreven in het rekenvoorschrift voor de Flevolandse norm [9]. De normering bakent de zorgplicht af die Waterschap Zuiderzeeland heeft op het vlak van het voorkomen dan wel beperken van wateroverlast door inundatie vanuit het oppervlaktewater. Vergeleken met andere delen van Nederland hanteert de provincie Flevoland strengere normen voor het landelijk gebied.

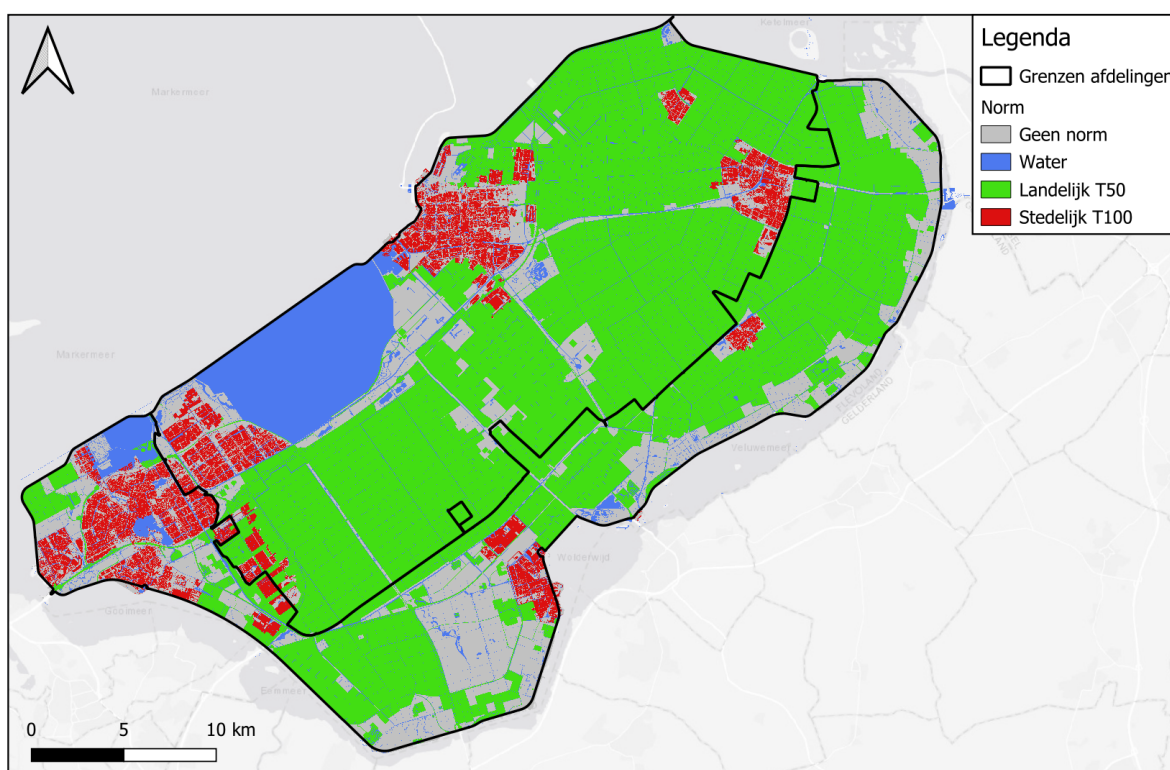
Tabel 4: Normen uit de Flevolandse norm [9]

Functie	Norm
Landelijk gebied	T50 en gemiddeld per deelgebied T80
Stedelijk gebied	T100
Natuur	Geen norm
Wijzigende functie	Bij ontwikkeling van een gebied naar een andere functie is de norm van de nieuwe functie leidend bij de planontwikkeling

De resulterende normeringskaart is weergegeven in Figuur 10 voor de Noordoostpolder en in Figuur 11 voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland. In de Noordoostpolder is de normeringskaart niet compleet, omdat een gedeelte van het beheergebied onder andere provincies valt. Deze provincies hebben geen normeringskaart aangeleverd waardoor deze gebieden niet getoetst zijn. Het gaat hier over een gedeelte van het stedelijk gebied van Lemmer en landelijke gebieden aan de noordoost grens van de Noordoostpolder.



Figuur 10: Normeringskaart voor de Noordoostpolder



Figuur 11: Normeringskaart voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland

3.3.2 Knelpuntenkaart

Vervolgens zijn de potentiële knelpunten bepaald door de normeringskaart en de bijbehorende normen te combineren met de inundatiekaarten. Voor het bepalen van de potentiële knelpunten is per norm gekeken of er bij de bijbehorende herhalingstijd inundaties zijn op pixels waar deze norm geldig is. Dit resulteert in een kaart met potentiële knelpunten (resolutie 0,5 meter).

3.3.3 Wateropgave

Op basis van de inundatiekaarten knelpuntenkaarten voor het huidige klimaat is per peilgebied het totale oppervlakte en volume van de knelpunten berekend. Deze zijn gesommeerd per afdeling en per norm. De oppervlaktes zijn bepaald door het aantal cellen met een knelpunt te tellen en te vermenigvuldigen met de resolutie van de cellen (0,5 m bij 0,5 m). De volumes zijn bepaald door per norm de waterdieptes uit de inundatiekaart van de bijbehorende herhalingstijd van alle cellen met een knelpunt voor die norm te sommeren en vervolgens te vermenigvuldigen met de resolutie van de cellen. De wateropgave geeft een indicatie van de grootte van de knelpunten en is een startpunt voor het afwegen en dimensioneren van de maatregelen.

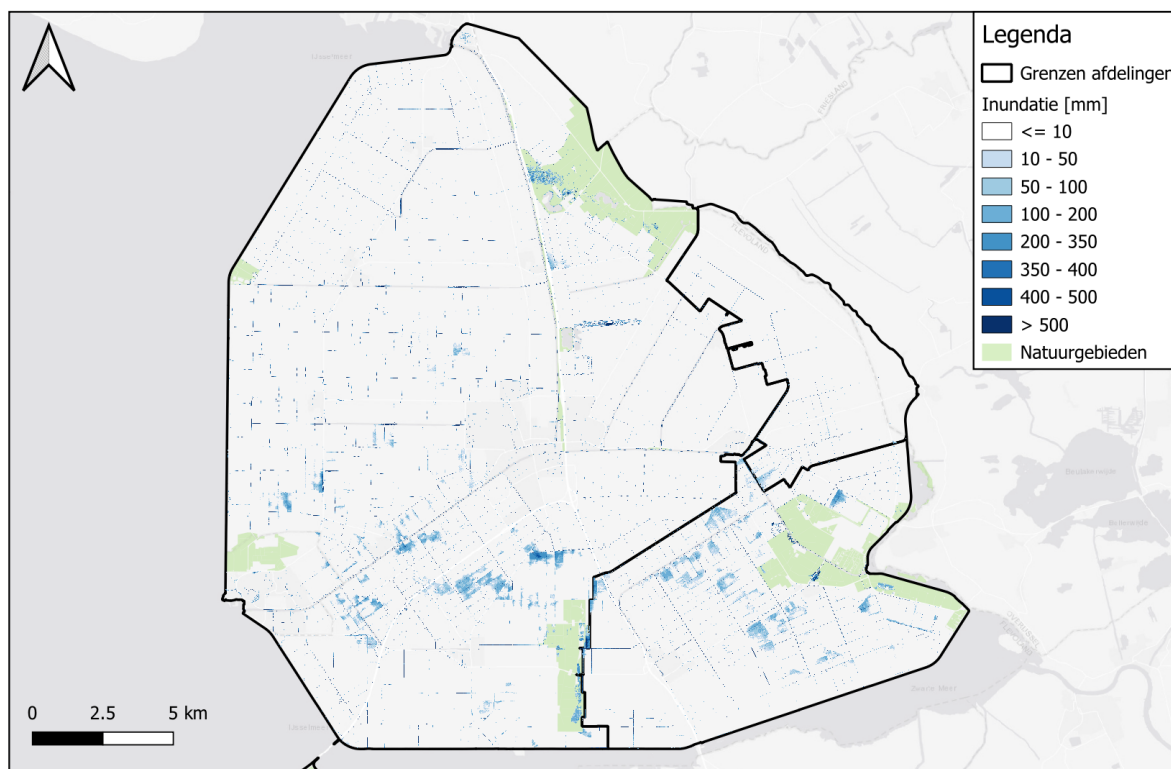
4 Resultaten rekenkundige toetsing

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de rekenkundige toetsing beschreven. Eerst worden de inundatiekaarten gepresenteerd voor de herhalingstijden die horen bij de normering. Daarna worden de kaart met potentiële knelpunten en de bijhorende wateropgave gepresenteerd. En als laatste wordt het effect van bodemdaling en klimaatverandering op de inundatiekaarten voor de zichtjaren 2050 en 2100 gepresenteerd.

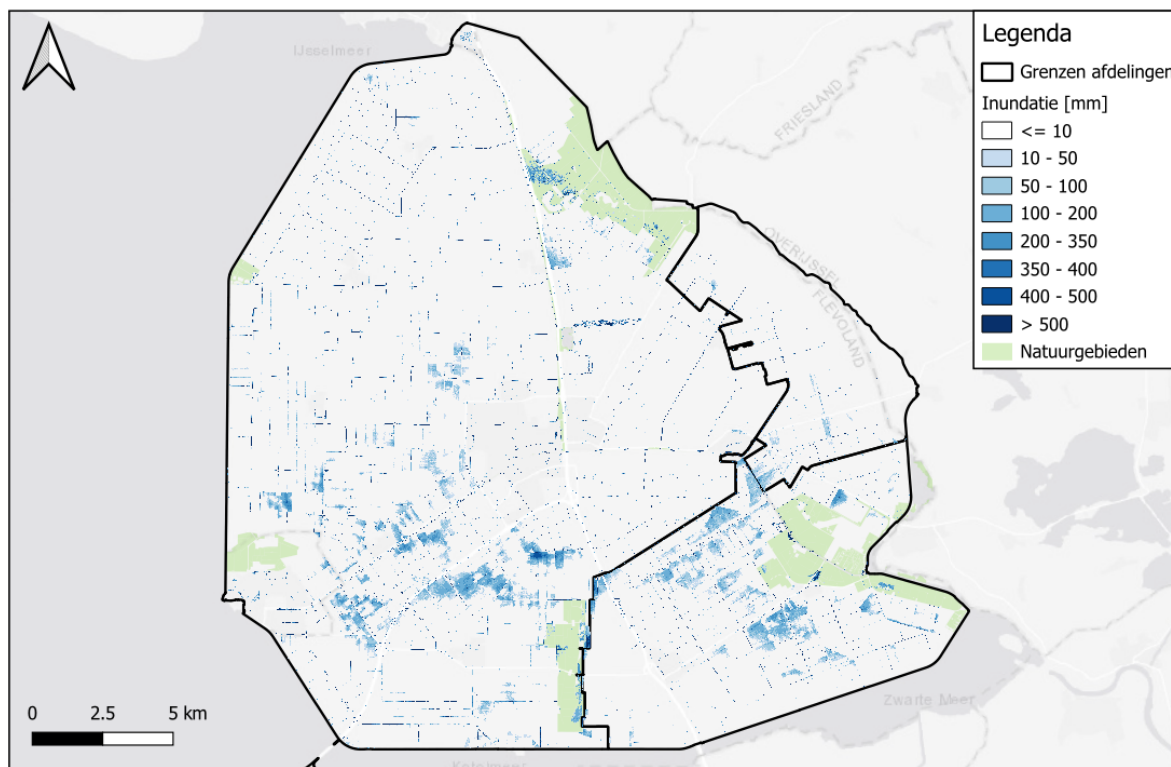
In meerdere beheerdersoordelen zijn de inundatiekaarten en potentiële knelpunten besproken met de gebiedsbeheerders en hydrologen om te kijken of dit overeenkomt met hun ervaringen en verwachtingen. Daarna zijn de modellen verder verbeterd op basis van deze inzichten en opnieuw doorgerekend. De kaarten worden hier gepresenteerd.

4.1 Inundatiekaarten

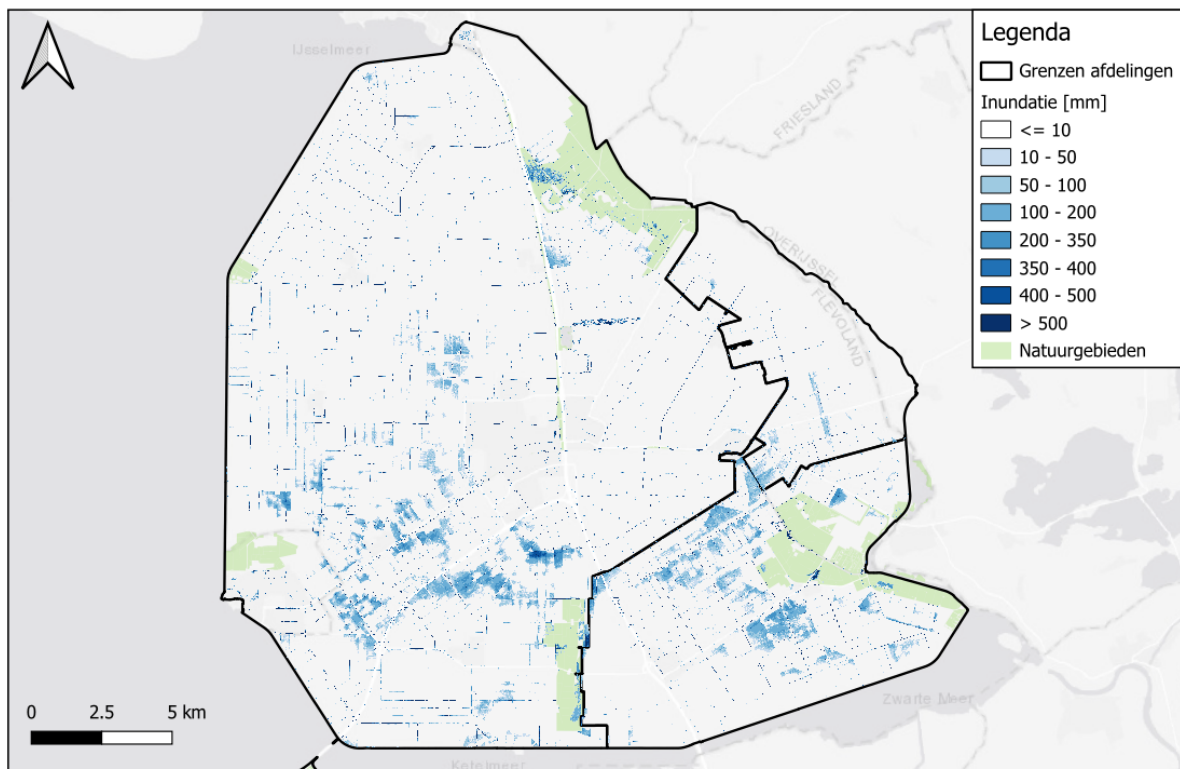
In Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14 zijn de inundatiekaarten na het beheerdersoordeel voor de Noordoostpolder weergegeven. En in Figuur 15, Figuur 16 en Figuur 17 zijn de inundatiekaarten na het beheerdersoordeel voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland weergegeven. In deze kaarten zijn de natuurgebieden (groen) weergegeven, deze gebieden hebben geen norm waardoor inundaties niet resulteren in potentieel knelpunt.



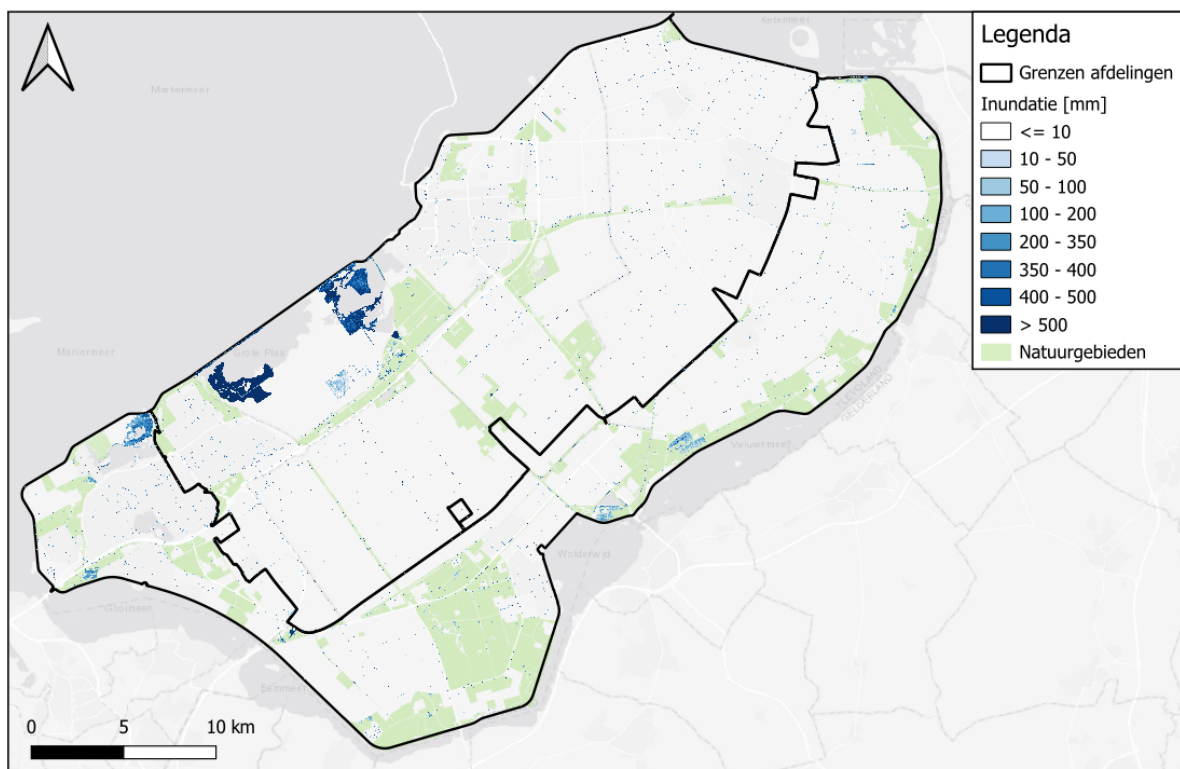
Figuur 12: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T50



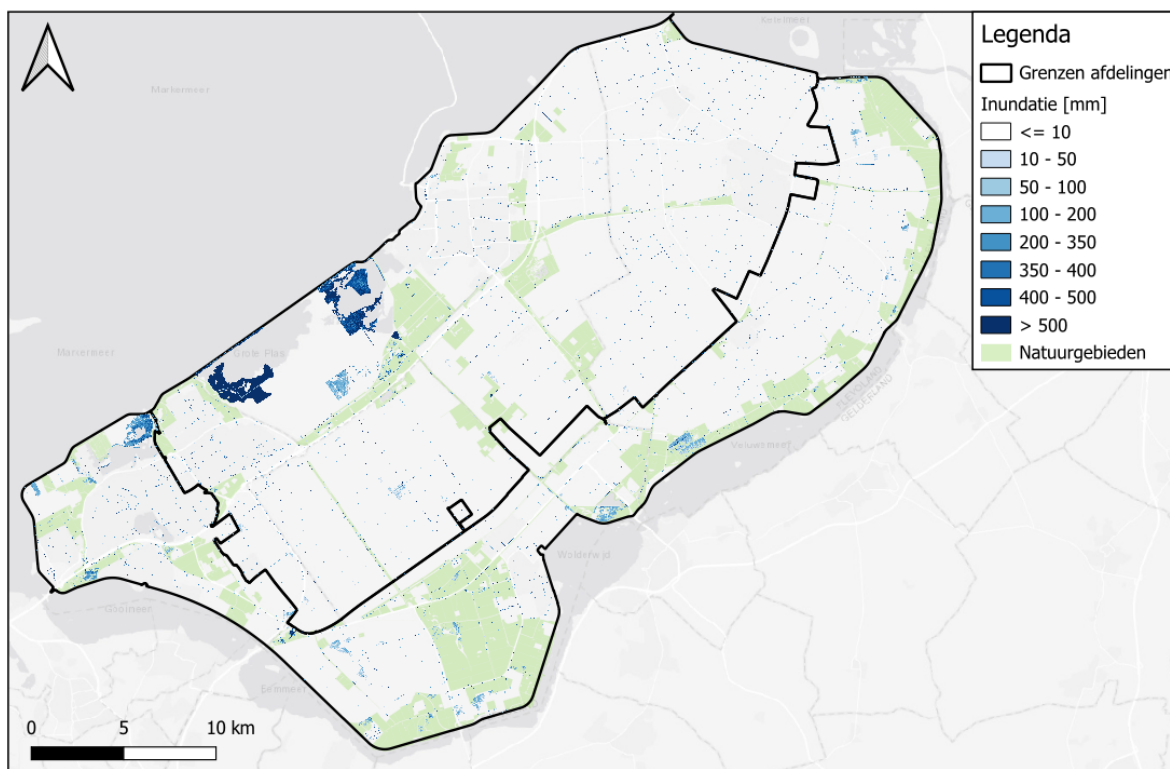
Figuur 13: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T80



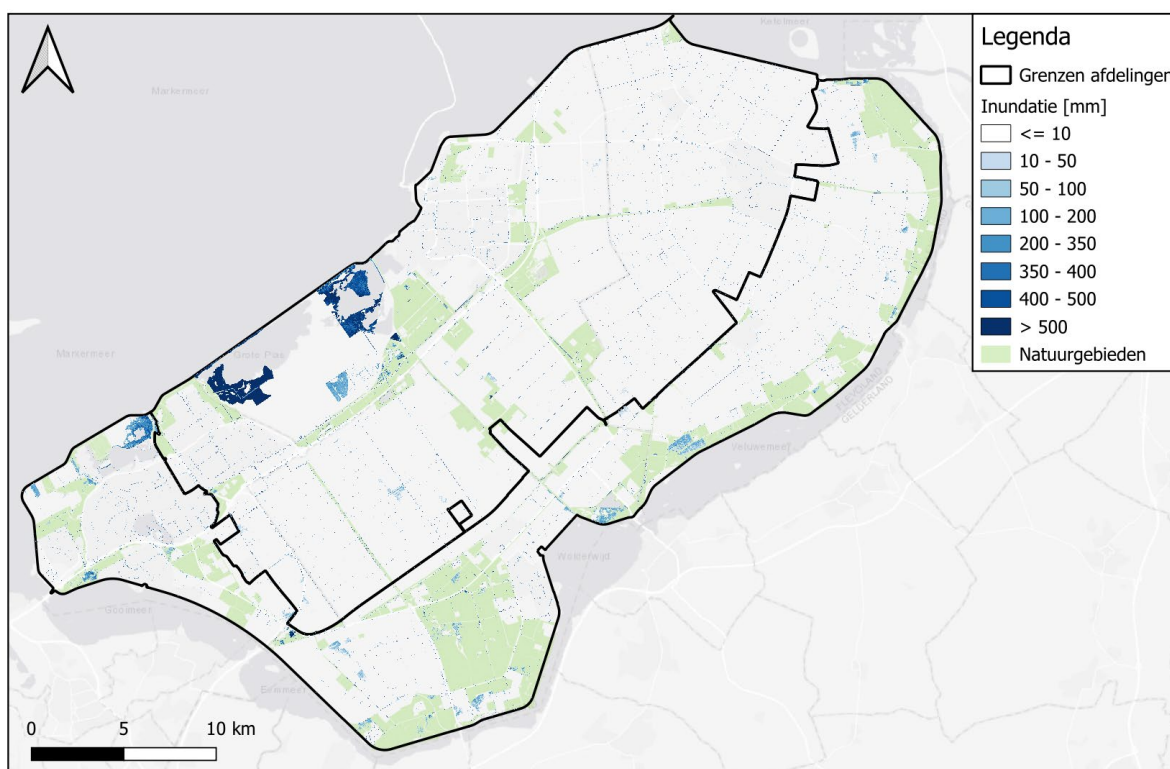
Figuur 14: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T100



Figuur 15: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T50



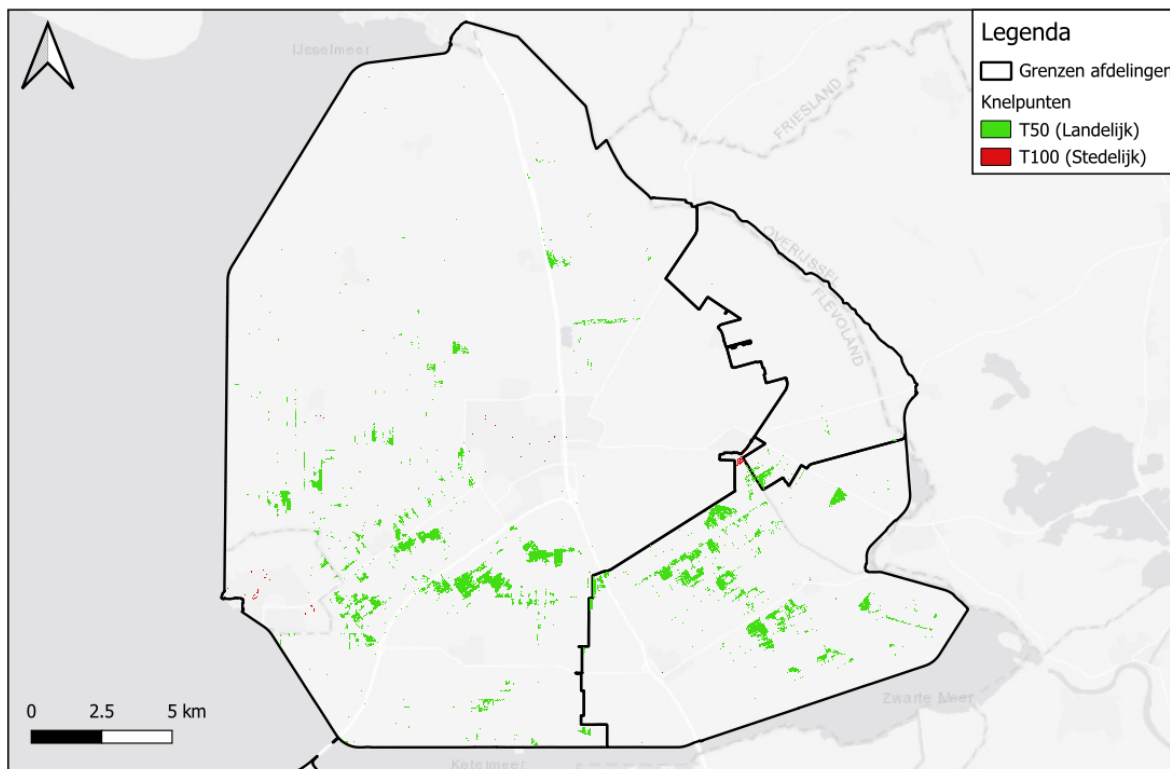
Figuur 16: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T80



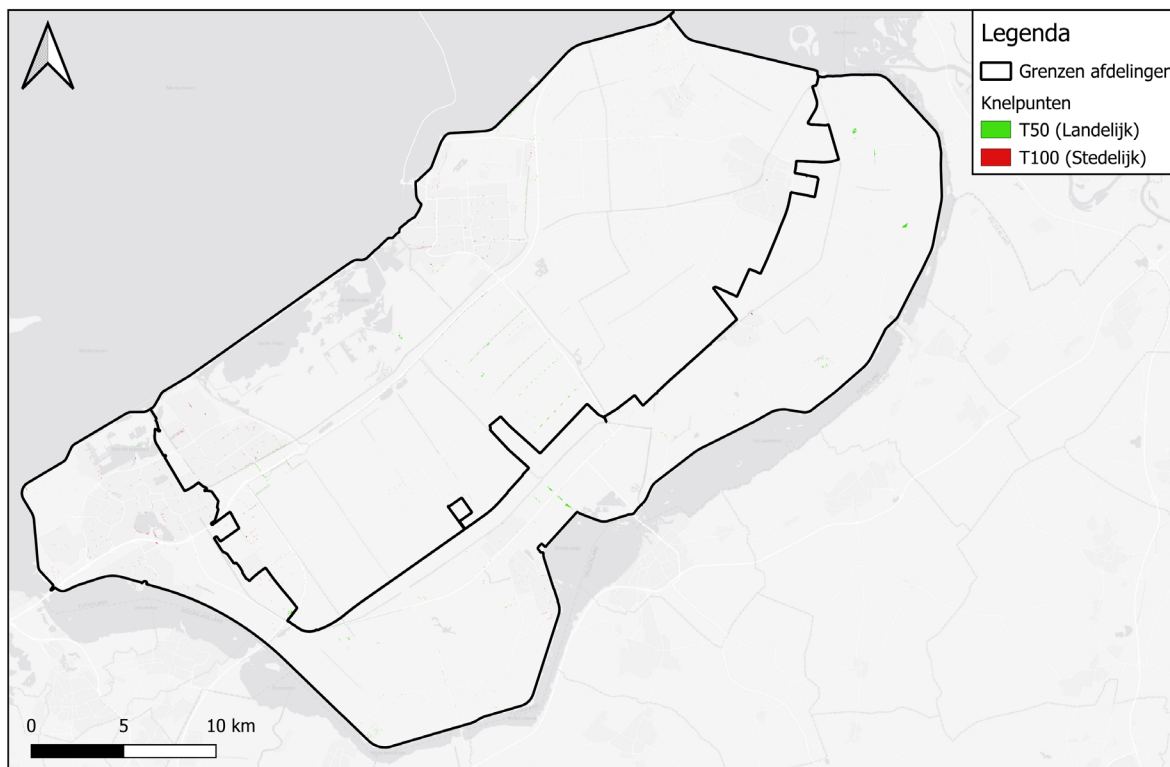
Figuur 17: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T100

4.2 Knelpuntenkaarten en wateropgave voor het huidige klimaat

In Figuur 18 en Figuur 19 zijn de knelpuntenkaarten voor het huidige klimaat te vinden. Voor de volledige knelpuntenlijst met een beknopte analyse en beoordeling verwijzen we naar bijlage A.



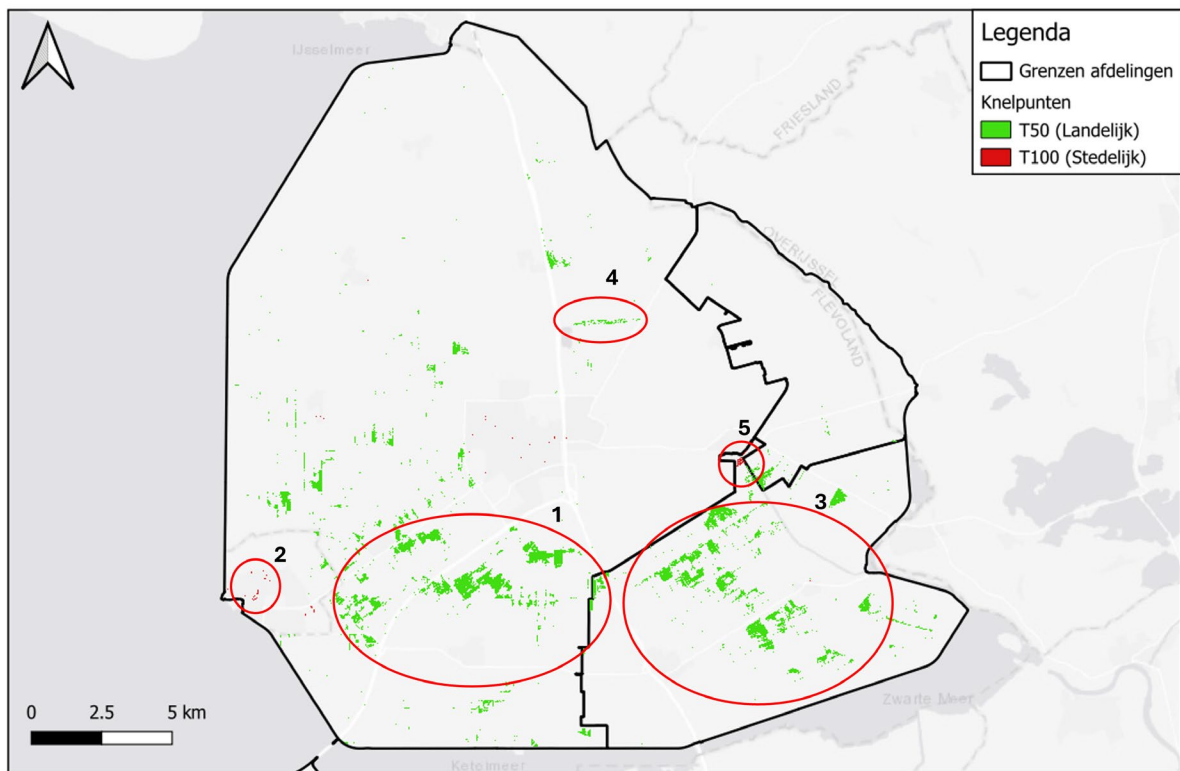
Figuur 18: Knelpuntenkaart voor de Noordoostpolder



Figuur 19: Knelpuntenkaart voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland

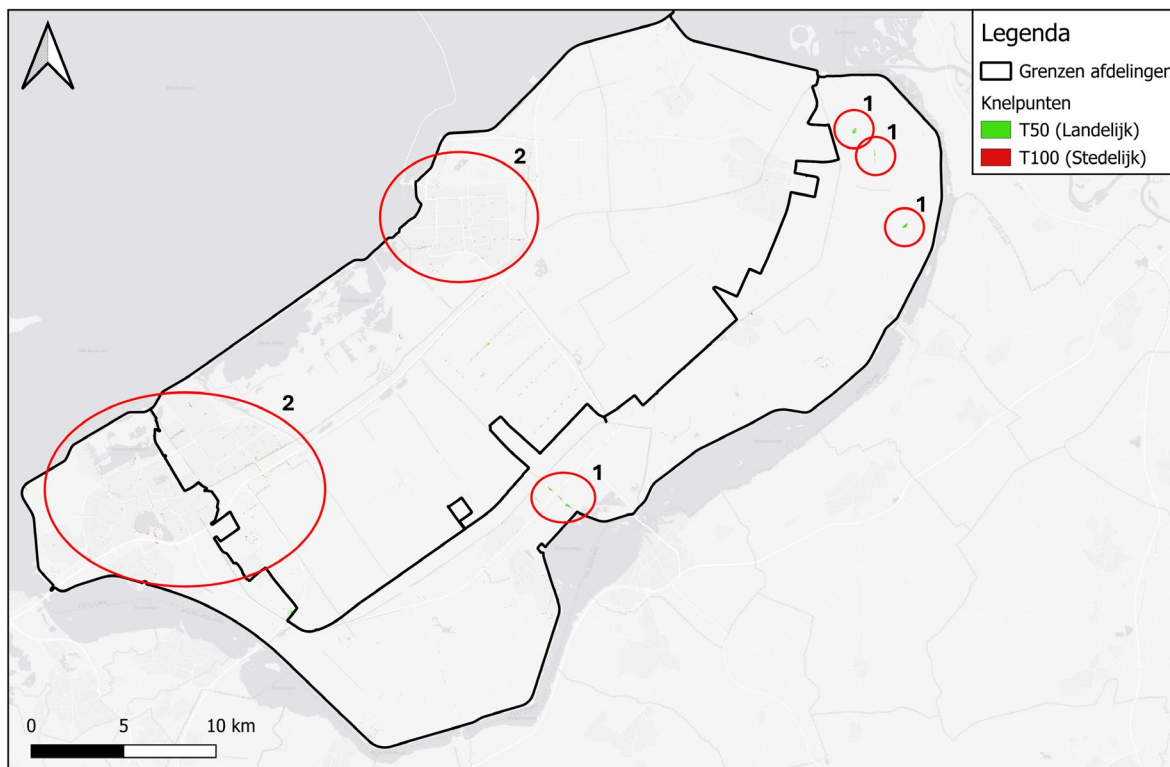
Een aantal knelpunten in de Noordoostpolder (zie Figuur 20) die opvallen zijn:

1. In de Noordoostpolder worden er net als in de vorige toetsing knelpunten in het landelijke gebied berekend in het bodemdalingsgebied ten zuidwesten van Emmeloord. Dit wordt herkend door de beheerders en is een bekend bodemdalingsgebied
2. In het stedelijk gebied van Urk worden een aantal knelpunten berekend bovenstrooms van kunstwerken die bestaan uit meerdere duikers met daarin een stuwput op de grens van een peilgebied. Deze constructies zorgen voor veel opstuwing door de grote lengte van de duikers en vaak krappe diameter. Een vervolgactie is om uit te zoeken hoe deze gecombineerde kunstwerken in de praktijk functioneren en te controleren of de afmetingen kloppen.
3. In de hoge afdeling van de NOP worden knelpunten in het landelijke gebied berekend, terwijl daar in de toetsing in 2012 geen knelpunten werden berekend. Dit verschil is verklaarbaar doordat er in de vorige toetsing nog van uit werd gegaan dat de Marknessersluis met een capaciteit van circa 10 m³/s kon lozen op de Lage Afdeling. In de huidige toetsing staat de Marknessersluis dicht vanwege gewijzigd beheer van de van deze sluis. Dit betekent dat de afvoercapaciteit van de Hoge Afdeling circa 30% kleiner is dan bij de toetsing in 2012.
4. De bergingsgebieden aan de Burchttocht zijn gevuld, waardoor in deze gebieden inundaties worden berekend. Op de normeringskaart hebben deze bergingsgebieden echter een landelijke norm gekregen, waardoor ze als knelpunt naar voren komen. Dit is niet terecht, omdat het gaat om aangewezen bergingsgebieden.
5. Aan de zuidrand van Marknesse wordt een nieuwe wijk gebouwd, deze wordt berekend als stedelijk knelpunt. Dit is waarschijnlijk geen echt knelpunt omdat de ophoging van het maaiveld nog niet in het hoogtemodel verwerkt is. Voor dit gebied was tijdens het opstellen van het hoogtemodel nog geen AHN5 beschikbaar waardoor een oudere meting uit het AHN4 is gebruikt. Het waterschap onderzoekt na afronding van de toetsing wat de aanleghoogte is van deze woonwijk en of hiermee de knelpunten ten onrechte zijn vastgesteld.



Figuur 20: Knelpuntenkaart Noordoostpolder met benoemde aandachtspunten

In Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland valt op dat er net als in de vorige toetsing weinig knelpunten worden berekend voor het huidige klimaat. Er worden vooral in de afdeling van de hoge vaart enkele kleinere knelpunten in het landelijke gebied berekend omdat een hoek van een perceel relatief laag ligt of een duiker opstuwing veroorzaakt (nummer 1 in Figuur 21). In het stedelijk gebied van Almere en Lelystad worden stedelijke knelpunten berekend (nummer 2 in Figuur 21) omdat er daar veel panden zijn die direct grenzen aan het water. Bij aanleg van deze panden moet het vloerpeil minimaal gelijk zijn aan een T100 waterstand. In het maaiveldhoogtebestand hebben de panden en openwateroppervlakken geen waarden. Op deze plekken wordt een maaiveldhoogte gekozen op basis van de omringende pixels. Deze geïnterpoleerde waarde kan lager zijn dan het vloerpeil van de panden. Daarnaast bevat de normeringskaart in het stedelijk gebied onnauwkeurigheden waardoor ook kades, wegen, tuinen en parken soms onterecht een T100 norm krijgen. Na controle blijkt dat er in de stedelijke gebieden in Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland geen sprake is van inundaties van stedelijk gebied die tot aan woningen of wegen komen.



Figuur 21: Knelpuntenkaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland met benoemde aandachtspunten

Zowel in de Noordoostpolder als Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland ontstaan er knelpunten (landelijk en stedelijk) die bestaan uit een aantal geïsoleerde pixels op de oevers langs de watergangen.

In Tabel 5 staat de totale oppervlakte (in hectare) van alle potentiële knelpunten gesommeerd per normklasse en afdeling. En in Tabel 6 staat totale het volume (in miljoenen m³) van alle potentiële knelpunten gesommeerd per normklasse en afdeling.

De totale wateropgave is groter dan de toetsing in 2012. Dit komt overeen met de toename van de kans op extreme neerslag door al opgetreden klimaatverandering zoals die is vastgesteld in [7].

De knelpuntenkaarten en de tabellen met de wateropgave laten zien dat de gemiddelde norm voor landelijk gebied, T80 gemiddeld per deelgebied, niet wordt overschreden. In dit geval komt een deelgebied overeen met de begrenzing van de afdelingen binnen de Noordoostpolder (lage, hoge en tussen afdeling) en Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland (Lage en Hoge Vaart). In de Flevolandse Norm [9] is vastgelegd dat per deelgebied de oppervlakte landelijk gebied die niet voldoet aan een T100 of hoger, minimaal 1,5 keer zo groot moet zijn als de oppervlakte landelijk die niet voldoet aan een T80. Voor het huidige klimaat ligt deze factor aanzienlijk hoger, waardoor ruimschoots aan de norm wordt voldaan.

Tabel 5: Wateropgave potentiële knelpunten op basis van rekenkundige toetsing, oppervlakte in hectaren

	ZOF			NOP			
	Lage Vaart	Hoge Vaart	Totaal ZOF	Lage afdeling	Tussen afdeling	Hoge afdeling	Totaal NOP
Landelijk (T50)	53 ha	25 ha	78 ha	591 ha	50 ha	387 ha	1028 ha
Stedelijk (T100)	14 ha	11 ha	25 ha	8 ha	0 ha	5 ha	13 ha
Percentage oppervlakte knelpunten t.o.v. totale oppervlakte	0.12%	0.09%	0.11%	1.73%	1.21%	4.22%	2.17%

Tabel 6: Wateropgave potentiële knelpunten op basis van rekenkundige toetsing, volume in miljoenen m³

	ZOF			NOP			
	Lage Vaart	Hoge Vaart	Totaal ZOF	Lage afdeling	Tussen afdeling	Hoge afdeling	Totaal NOP
Landelijk (T50)	0,15	0,04	0,19	0,57	0,10	0,32	0,99
Stedelijk (T100)	0,04	0,03	0,07	0,02	0,00	0,01	0,03

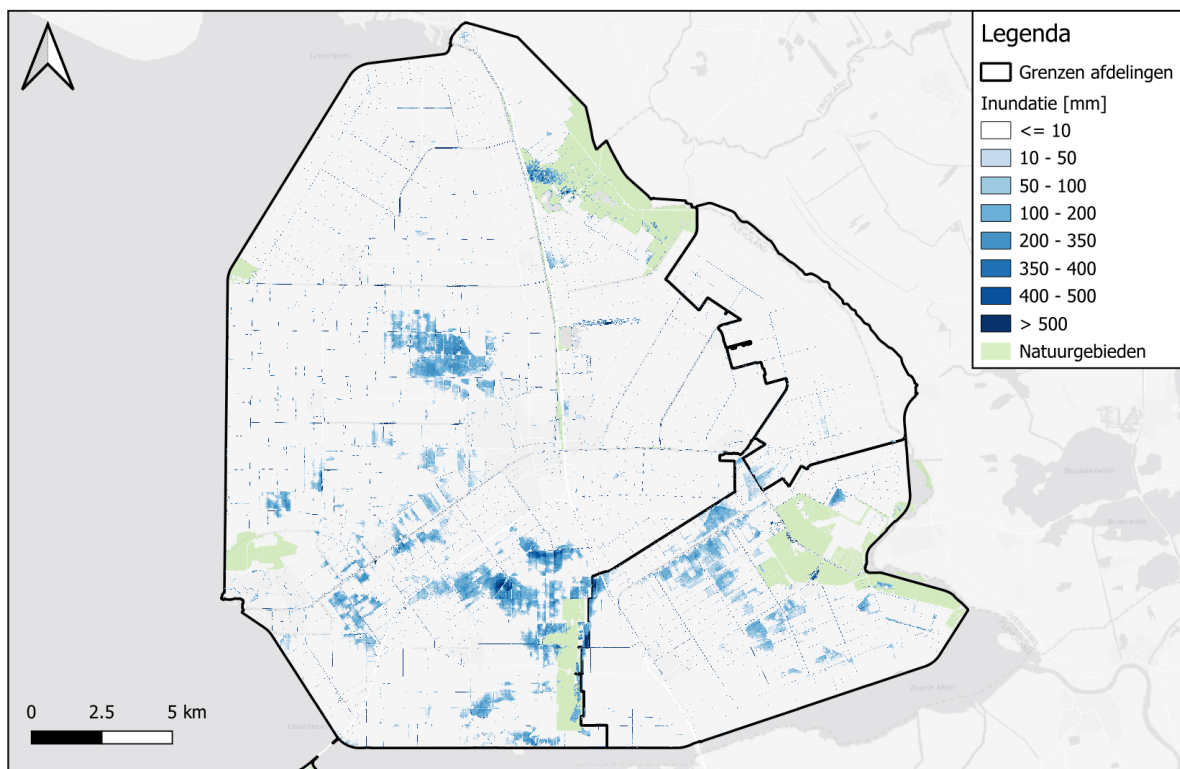
4.3 Toekomstig klimaat en bodemdaling (zichtjaar 2050 en 2100)

In deze paragraaf worden de inundatiekaarten voor de zichtjaren 2050 en 2100 gepresenteerd. In deze kaarten is het effect te zien van klimaatverandering in combinatie met bodemdaling op de berekende inundaties. De inundatieoppervlaktes worden hierdoor vooral groter in de bodemdalingsgebieden. Dit effect is groter voor de Noordoostpolder dan voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland. Dit komt overeen met de verwachtingen van het waterschap.

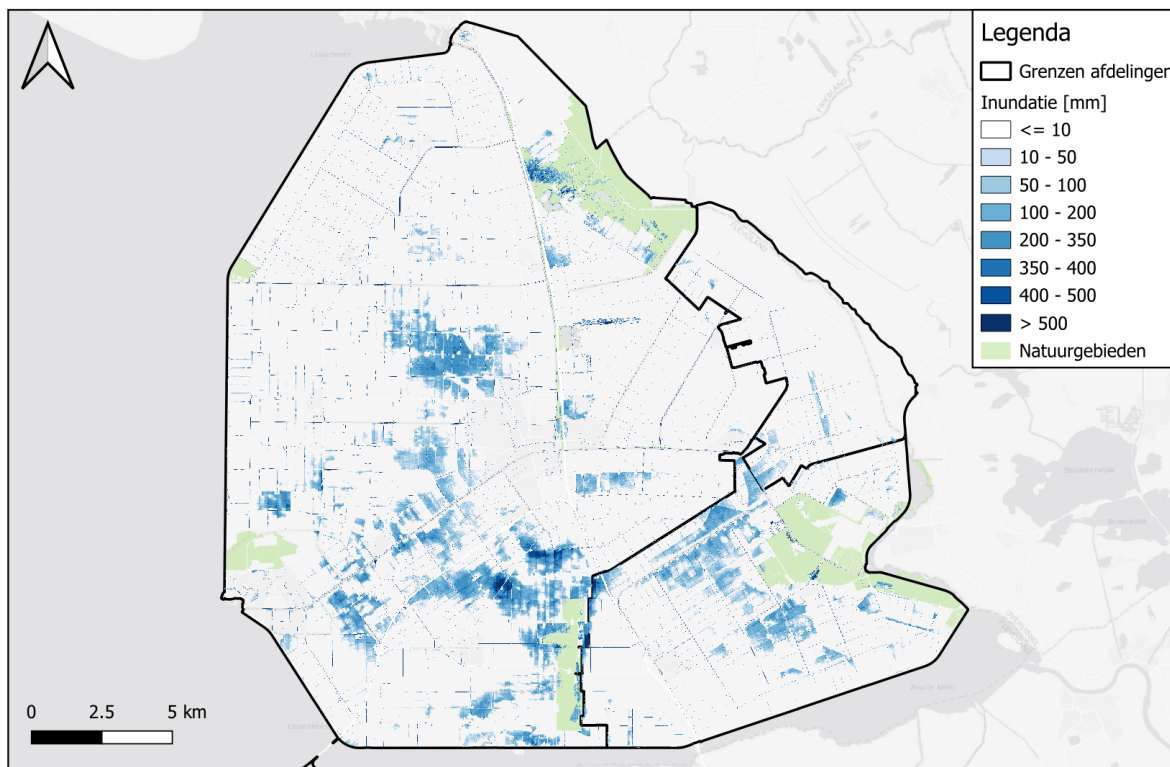
Deze doorkijk naar de zichtjaren 2050 en 2100 kan worden gebruikt voor het maken van ruimtelijke plannen en voor het toekomstbestendig dimensioneren van maatregelen.

4.3.1 Zichtjaar 2050

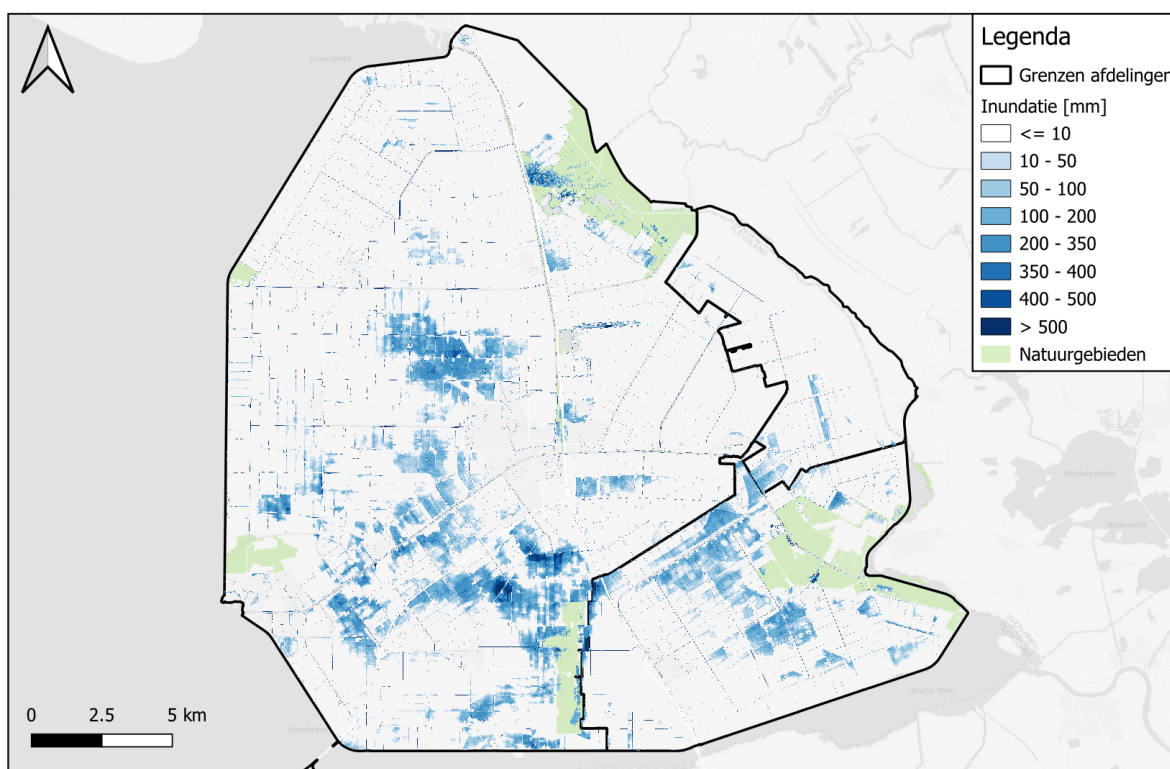
In Figuur 22, Figuur 23 en Figuur 24 zijn de inundatiekaarten voor de verschillende herhalingstijden voor de Noordoostpolder voor het zichtjaar 2050 weergegeven. En in Figuur 25, Figuur 26 en Figuur 27 voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland.



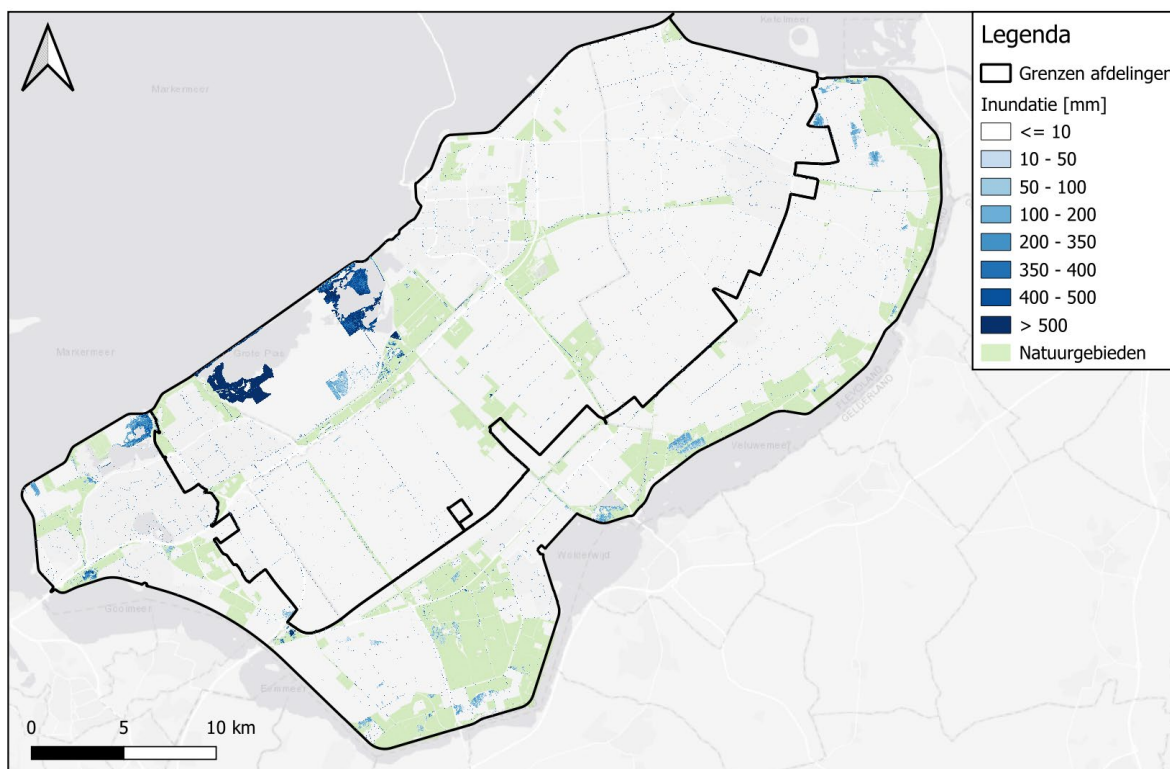
Figuur 22: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T50 en zichtjaar 2050



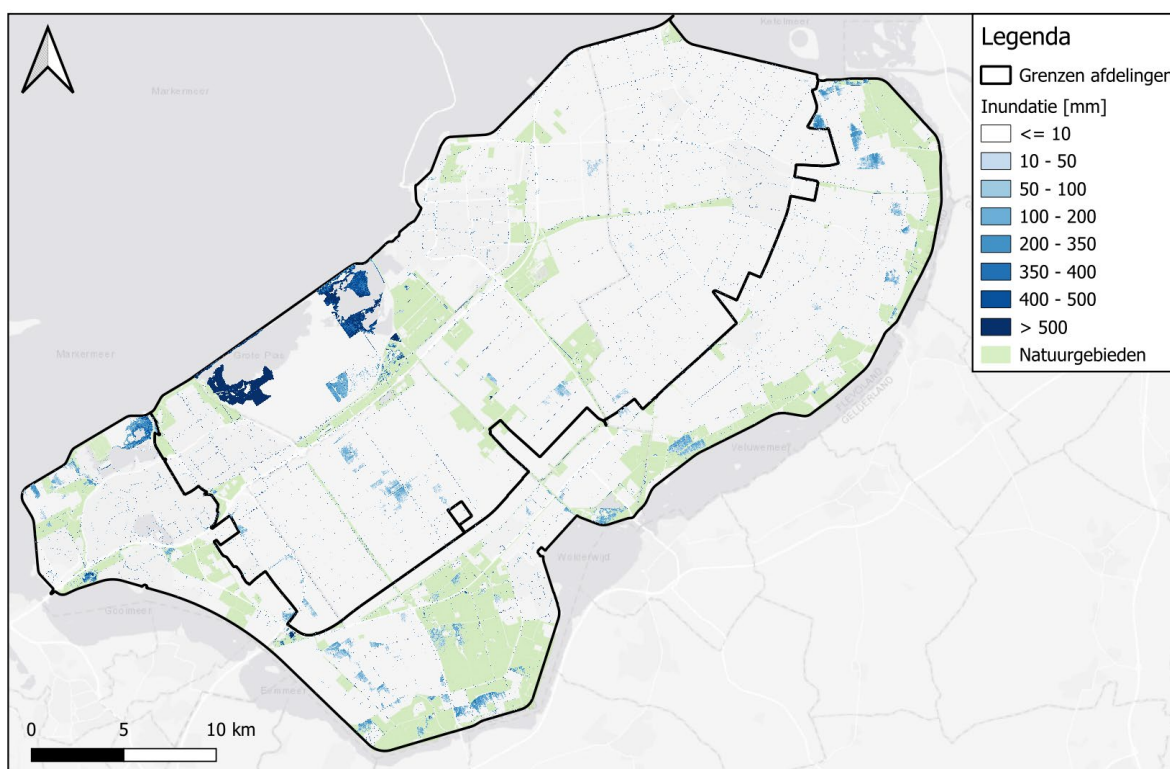
Figuur 23: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T80 en zichtjaar 2050



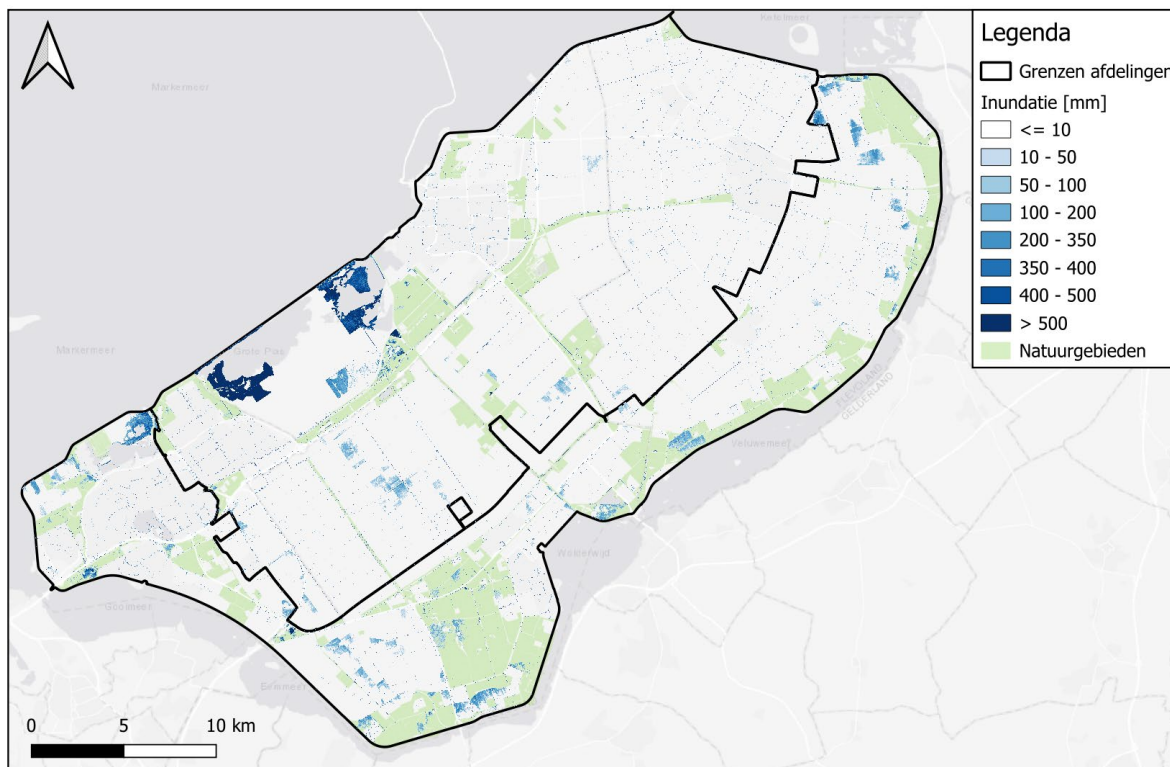
Figuur 24: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T100 en zichtjaar 2050



Figuur 25: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T50 en zichtjaar 2050



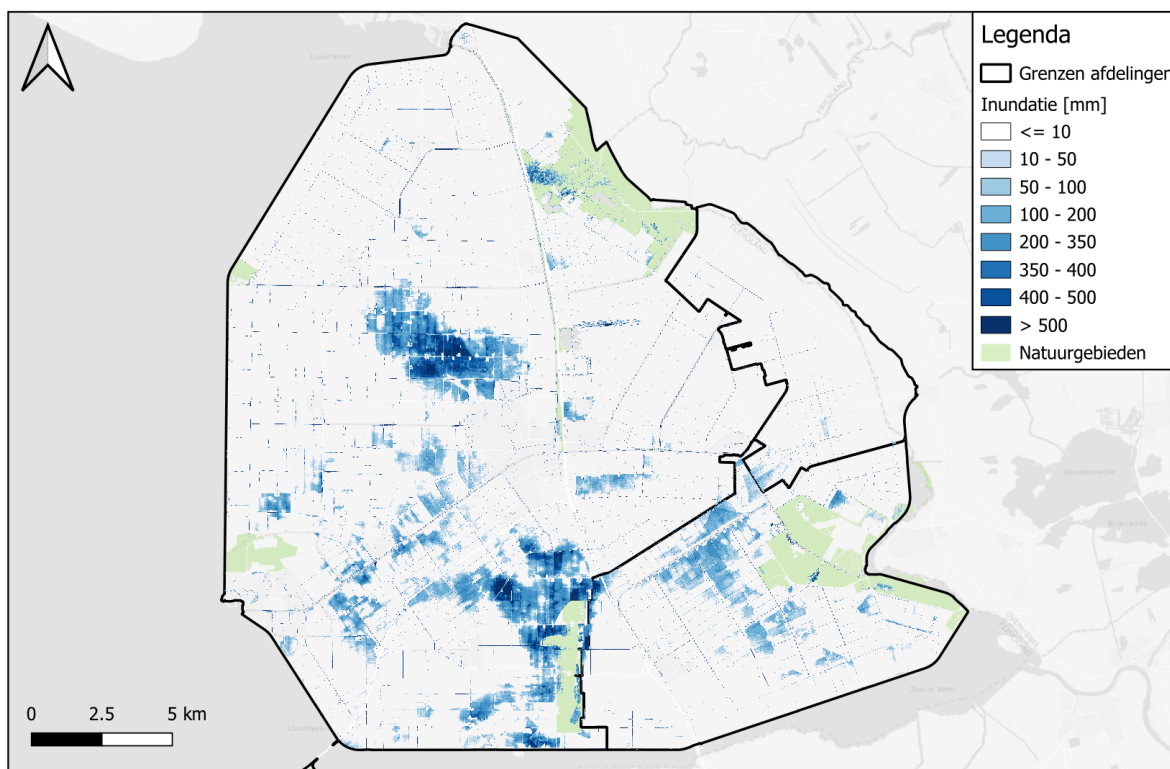
Figuur 26: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T80 en zichtjaar 2050



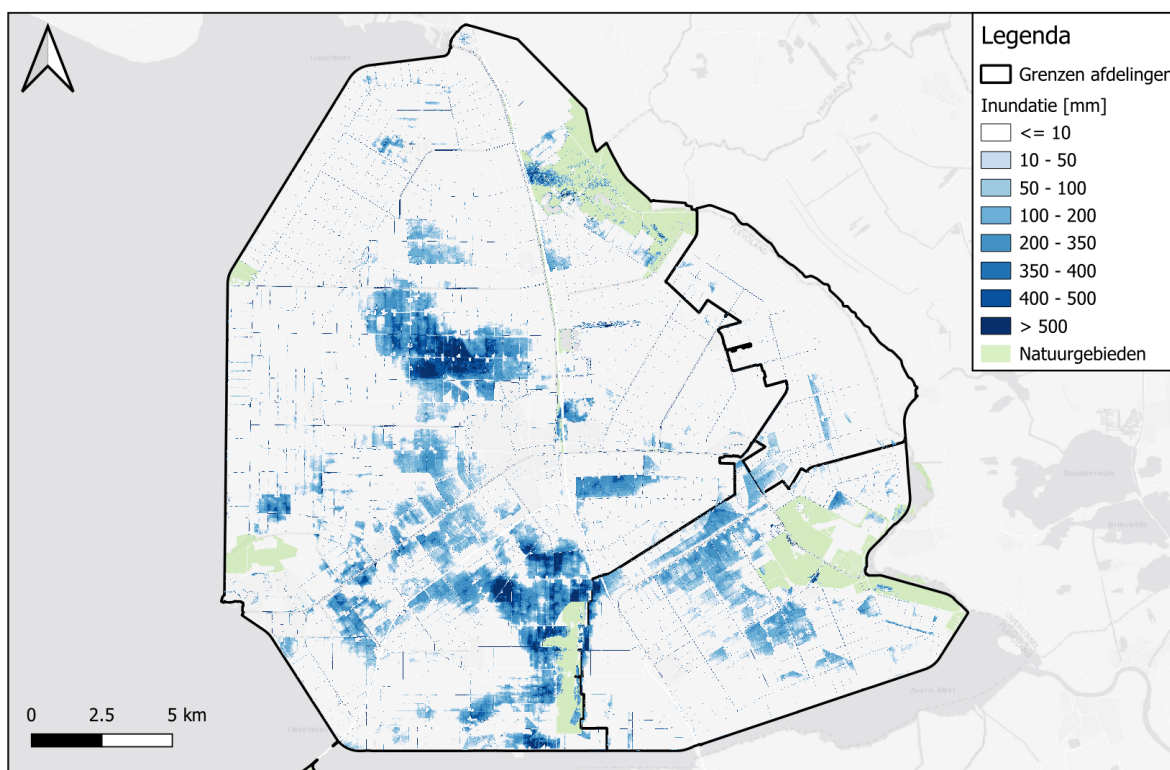
Figuur 27: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T80 en zichtjaar 2050

4.3.2 Zichtjaar 2100

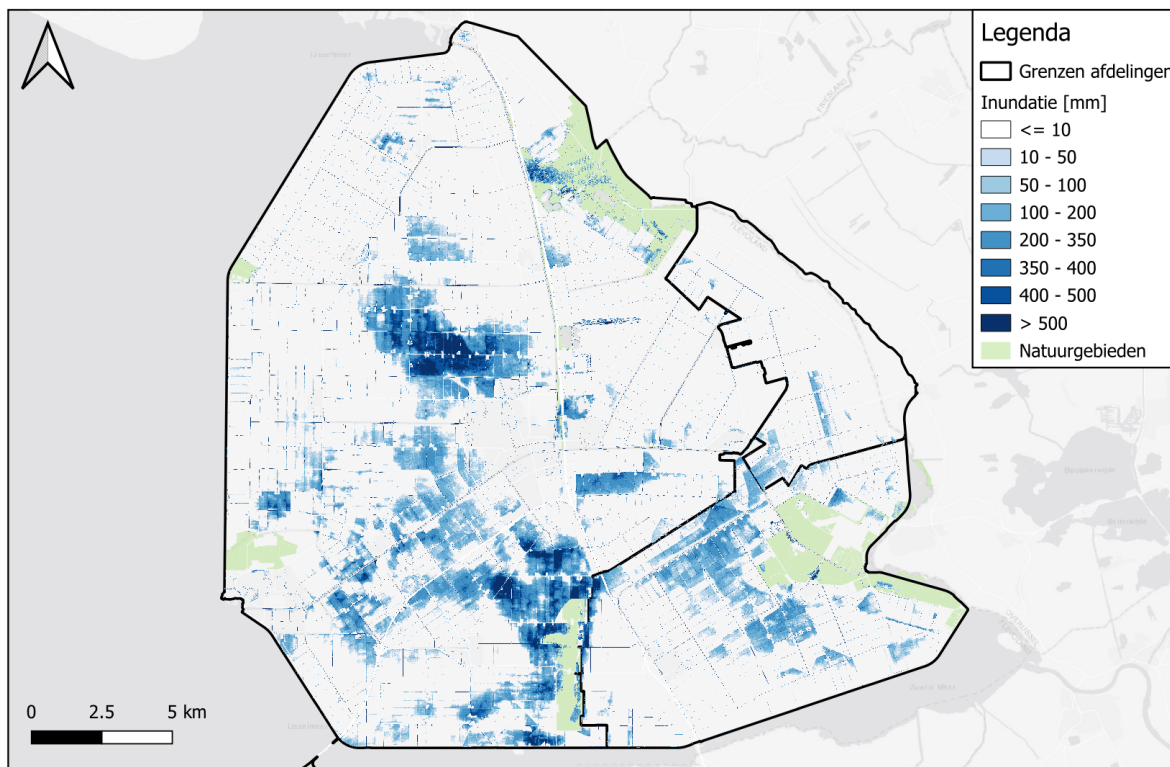
In Figuur 28, Figuur 29 en Figuur 30 zijn de inundatiekaarten voor de verschillende herhalingstijden voor de Noordoostpolder voor het zichtjaar 2100 weergegeven. En in Figuur 31, Figuur 32 en Figuur 33 voor Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland.



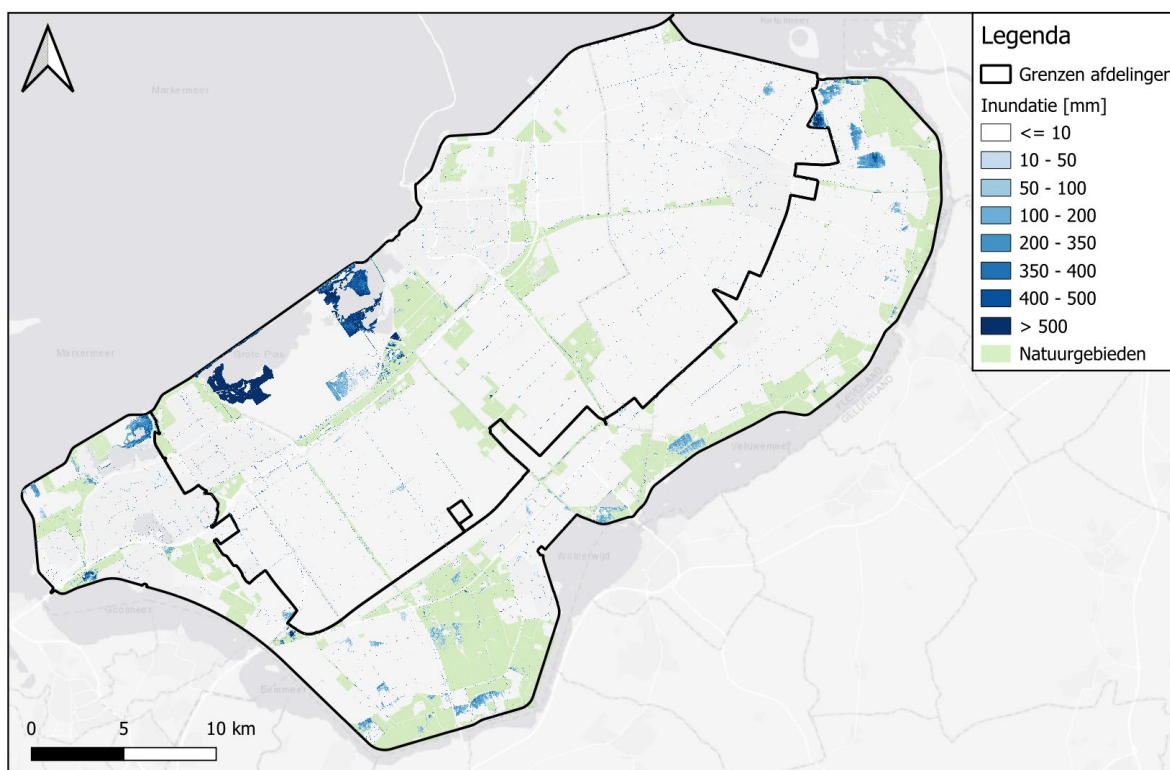
Figuur 28: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T50 en zichtjaar 2100



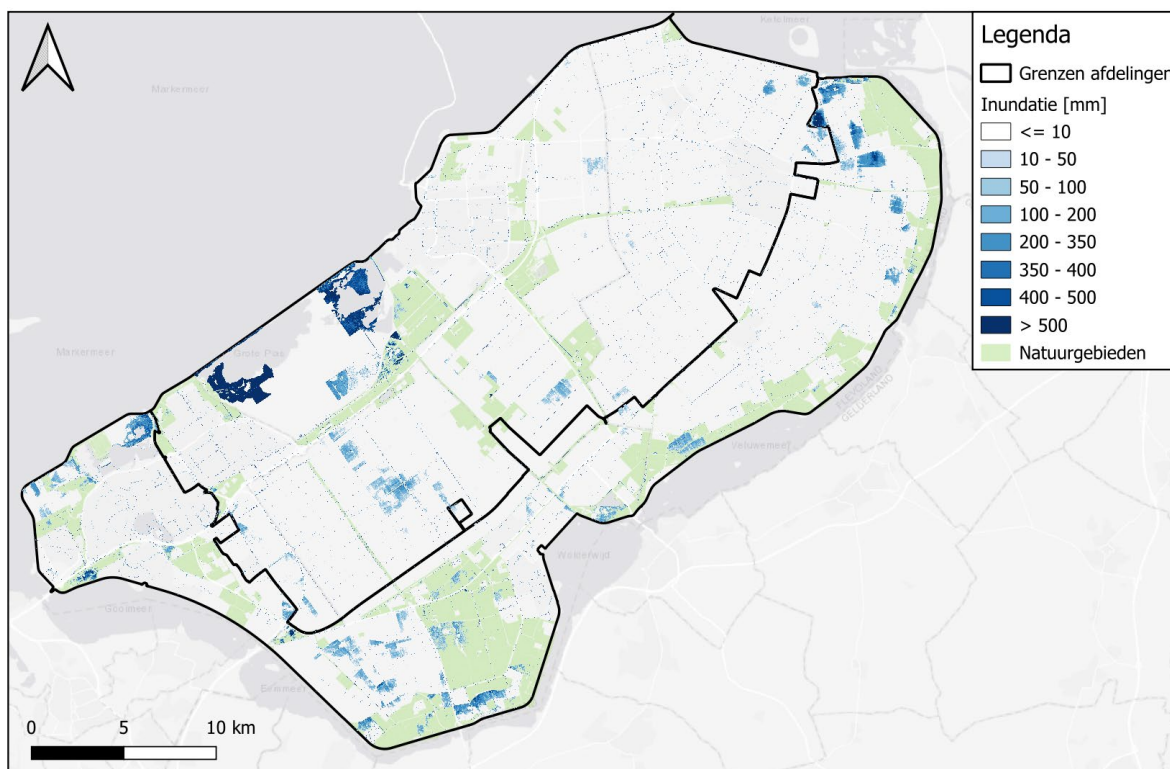
Figuur 29: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T80 en zichtjaar 2100



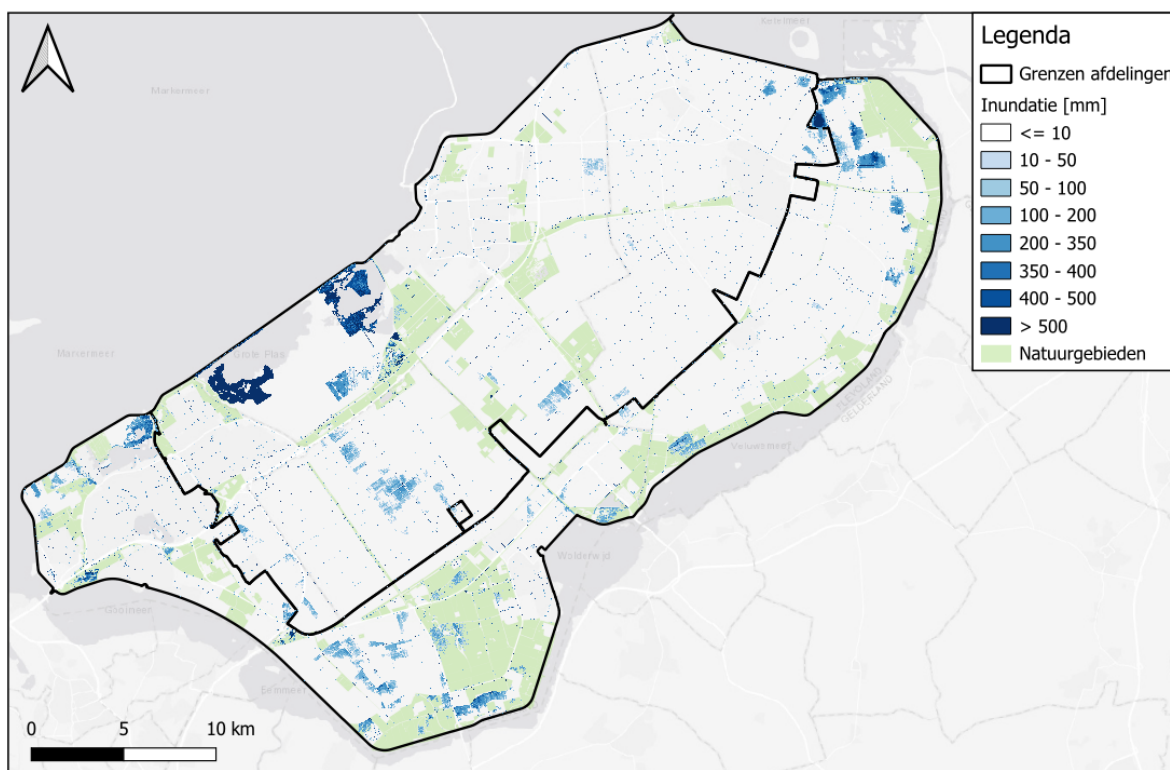
Figuur 30: Inundatiekaart Noordoostpolder voor een T100 en zichtjaar 2100



Figuur 31: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T50 en zichtjaar 2100



Figuur 32: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T80 en zichtjaar 2100



Figuur 33: Inundatiekaart Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland voor een T100 en zichtjaar 2100

5 Samenvatting en bevindingen

5.1 Samenvatting

Voor deze toetsing heeft het waterschap een 1D-RR-RTC D-HYDRO basismodel voor het beheergebied geautomatiseerd opgebouwd vanuit de basisgegevens uit het beheerregister.

De kalibratieparameters voor de neerslag-afvoercomponent zijn overgenomen uit de vorige toetsing, er is voor deze toetsing geen volledige nieuwe kalibratie en validatie van het D-HYDRO-model uitgevoerd. Wel zijn de invoergegevens en het D-HYDRO model gevalideerd door het uitvoeren van datacontroles, testsimulaties en een verschilanalyse met het SOBEK2 model uit de toetsing uit 2012. Op basis van deze validatie zijn verbeteringen doorgevoerd waardoor het model geschikt bevonden is om te gebruiken voor de toetsing.

De waterstandstatistiek is bepaald met de stochastenmethode. Daarbij zijn stochasten voor het seizoen, neerslagduur, neerslagvolume, neerslagpatroon, initiële bodemconditie, falen van gemalen en begroeiingstoestand bepaald. Voor deze stochasten zijn de klassen en kansen verder uitgewerkt, dit resulteert in 3780 stochastencombinaties die zijn doorgerekend per zichtjaar. Deze berekeningen zijn voor het huidige klimaat en de zichtjaren 2050 en 2100 uitgevoerd. Voor de zichtjaren 2050 en 2100 is het klimaatscenario met hoge CO₂-uitstoot uit KNMI'23 scenario's gebruikt, hiermee zijn de kansen voor de neerslagvolumes aangepast. Daarnaast is de bodemdalingsprognose uit 2023 gebruikt om de bodemdaling te verwerken in de modellering en de inundatiekaarten.

Het beheerdersoordeel is een belangrijke stap gebleken in de interpretatie van de resultaten van de rekenkundige toetsing. Een deel van de berekende knelpunten wordt door de beheerders herkend, maar een ander deel vraagt om nadere controle of kan blijkt een fout in de kernregistraties van het waterschap of het model te zijn.

Voor het huidige klimaat blijkt dat de potentiële wateropgave in de Noordoostpolder aanzienlijk groter is dan in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland. In de Noordoostpolder wordt voor landelijk gebied een potentiële knelpuntoppervlakte van circa 1028 hectare berekend. Deze knelpunten liggen vooral in de lage en hoge afdeling van de Noordoostpolder. Een belangrijk deel daarvan bevindt zich in gebieden waar bodemdaling optreedt, waaronder het gebied ten noordwesten van Schokland. Deze knelpunten worden door de gebiedsbeheerders herkend en kwamen ook in de vorige toetsing naar voren. De stedelijke knelpunten hebben een veel kleiner oppervlakte (13 hectare) en liggen voornamelijk in Urk en een nieuwbouwwijk van Marknesse die niet is opgehoogd in het hoogtemodel.

In Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland worden in het huidige klimaat relatief weinig potentiële knelpunten berekend. De totale oppervlakte van de landelijke knelpunten is 78 hectare en de stedelijke knelpunten hebben een totaal oppervlak van 25 hectare. De landelijke knelpunten liggen vooral in de afdeling van de Hoge Vaart. Het gaat hier vaak over laaggelegen percelen of bij locaties bovenstrooms van relatief kleine duikers. In het stedelijk gebied van Almere en Lelystad worden enkele knelpunten berekend op plekken waar panden direct aan het water grenzen. Een deel van deze stedelijke knelpunten is mogelijk het gevolg van beperkingen in het maaiveldhoogtebestand of onnauwkeurigheden in de normeringskaart.

De inundatiekaarten voor de zichtjaren 2050 en 2100 laten zien hoeveel de inundaties toenemen door klimaatverandering gecombineerd met bodemdaling. Deze resultaten laten zien dat vooral de inundaties toenemen in de bodemdalingsgebieden in de Noordoostpolder en Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland. Deze toename is groter in de Noordoostpolder dan in Zuidelijk- en Oostelijk Flevoland, dit komt overeen met de verwachtingen van het waterschap.

5.2 Bevindingen

Op basis van de uitgevoerde werkzaamheden hebben we de volgende aanbevelingen voor het vervolgtraject:

- Aanbevolen wordt om het D-HYDRO-model verder controleren en te valideren op basis van recente meetreeksen. Voor deze toetsing zijn de kalibratieparameters van het neerslag-afvoer model overgenomen uit de vorige toetsing. Een verdere validatie en daaruit volgende modelaanpassingen kunnen de betrouwbaarheid van de berekende waterstandstatistiek verder vergroten.
- De bepaling van de initiële bodemconditie kan worden verbeterd. In de huidige aanpak is de grondwaterstand afgeleid met een offline berekening met het neerslag-afvoer model waarbij de oppervlaktewaterstanden op streefpeil zijn gezet. Berekening in droge perioden is daarbij niet meegenomen, waardoor de berekende grondwaterstanden in droge situaties mogelijk te laag zijn. In een eerste gevoeligheidsanalyse is geconstateerd dat de uitkomsten niet heel gevoelig zijn voor vergroting van de kans op de natte beginvoorwaarde en verkleining van de kans op de gemiddelde en droge beginvoorwaarde. Toch kan het waardevol zijn om de berekende grondwaterstanden in de droge situaties te valideren aan recent met het grondwaterhoofdmeetnet beschikbaar gekomen grondwatermeetreeksen in FEWS.
- De normeringskaart voor de Noordoostpolder is niet gebiedsdekkend. Een gedeelte van het stedelijk gebied van Lemmer en het landelijke gebied in het noordoosten horen niet onder het beheergebied van de provincie Flevoland. We raden aan om voor deze gebieden de normering op te halen bij de andere provincies om ook hiervoor een toetsing te kunnen uitvoeren met de inundatiekaarten uit deze studie.
- We raden aan om de normeringskaart binnen het stedelijk te ontwikkelen die beter aansluit bij de werkelijke situatie. De gebruikte normeringskaart bevat ook kades, wegen, tuinen en parken binnen de bebouwde kom die een T100 norm krijgen. Hierdoor worden hier onterecht knelpunten berekend.
- Daarnaast wordt aanbevolen om de berekende potentiële knelpunten nader te analyseren. Prioriteit ligt bij knelpunten die door beheerders niet worden herkend, vooral bovenstrooms van knellende duikers en bij locaties met een grote berekende wateropgave. Voor deze locaties kunnen de modelschematisatie en de gegevens in het beheerregister worden gecontroleerd. Missende of onnauwkeurige dimensies van kunstwerken kunnen door een landmeter worden ingemeten. Op basis van deze analyse kan worden besloten om het model verder te verbeteren en kan een definitieve knelpuntenlijst en wateropgave worden vastgesteld.
- We raden aan om de inundatiekaarten voor de zichtjaren 2050 en 2100 te betrekken bij ruimtelijke plannen, zoals de ontwikkeling van nieuwbouw. Daarnaast kunnen deze resultaten worden gebruikt om maatregelen voor het oplossen van wateroverlastknelpunten toekomstbestendig te dimensioneren.
- Ten slotte wordt aanbevolen om de wateropgave te vertalen naar een gebiedsproces waarin maatregelen, maatschappelijke kosten, maatschappelijke baten en meekoppelkansen worden afgewogen. Daarmee kan het waterschap gericht toewerken naar doelmatige en toekomstbestendige maatregelen tegen wateroverlast.

6 Referenties

6.1 Referenties

[1] HKV, Watersysteemtoets 2024, Plan van aanpak, PO5159.10, februari 2024, opdrachtgever waterschap Zuiderzeeland

[2] Waterschap Zuiderzeeland, Watersysteemtoets 2012, januari 2013

[3] Bertus de Graaff, Resultaat pre-watersysteemtoets, PR5086.10, 19 maart 2024, opdrachtgever waterschap Zuiderzeeland

[4] J.J.H. van den Akker, T. Hoogland, A.A. Veldhuizen (Alterra), Hans Hakvoort en A. Roelevink (HKV lijn in water), Verbetering watersysteemmodellering, kleischeuren, PR2049, januari 2011, opdrachtgever waterschap Zuiderzeeland

[5] Robin Nicolai, Nils van der Vliet en Dorien Lugt. Neerslagstatistiek KNMI'23; Neerslagstatistiek, -reeksen en -gebeurtenissen op basis van de KNMI'23 klimaatscenario's. STOWA 2024-37, ISBN 978.94.6479.075.7, oktober 2024

[6] R.P. Versteeg en A. Roelevink (HKV lijn in water), Verbetering watersysteemmodellering, neerslagspreiding, PR2049, januari 2011, opdrachtgever waterschap Zuiderzeeland

[7] Jules Beersma, Hans Hakvoort, Rudmer Jilderda, Aart Overeem en Rudolf Versteeg. Neerslagstatistiek en – reeksen voor het waterbeheer 2019. STOWA 2019-19, ISBN 978.90.5773.860.9, oktober 2019

[8] Meteobase, <https://www.meteobase.nl/>

[9] P.E.R.M van Leeuwen (Deltares) en H.A.M. Hakvoort (HKV), Rekenvoorschrift Flevolandse norm, PR1941.10 januari 2011, opdrachtgever Provincie Flevoland

[10] Deltares, Wageningen Universiteit en TNO, Bodemdalingsprognose Flevoland, versie 2023, 11208645-002-BGS-0003, 22 november 2023

[11] Robin Nicolai, Nils van der Vliet en Dorien Lugt (HKV), Beoordeling neerslagstatistiek. Meteo-onderzoek ten behoeve van het waterbeheer. Deelrapport 1, STOWA 2023-35, 9 oktober 2023, ISBN 978.94.6479.037.5

[12] STOWA, Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor regionale wateroverlast, 2011-31, april 2011

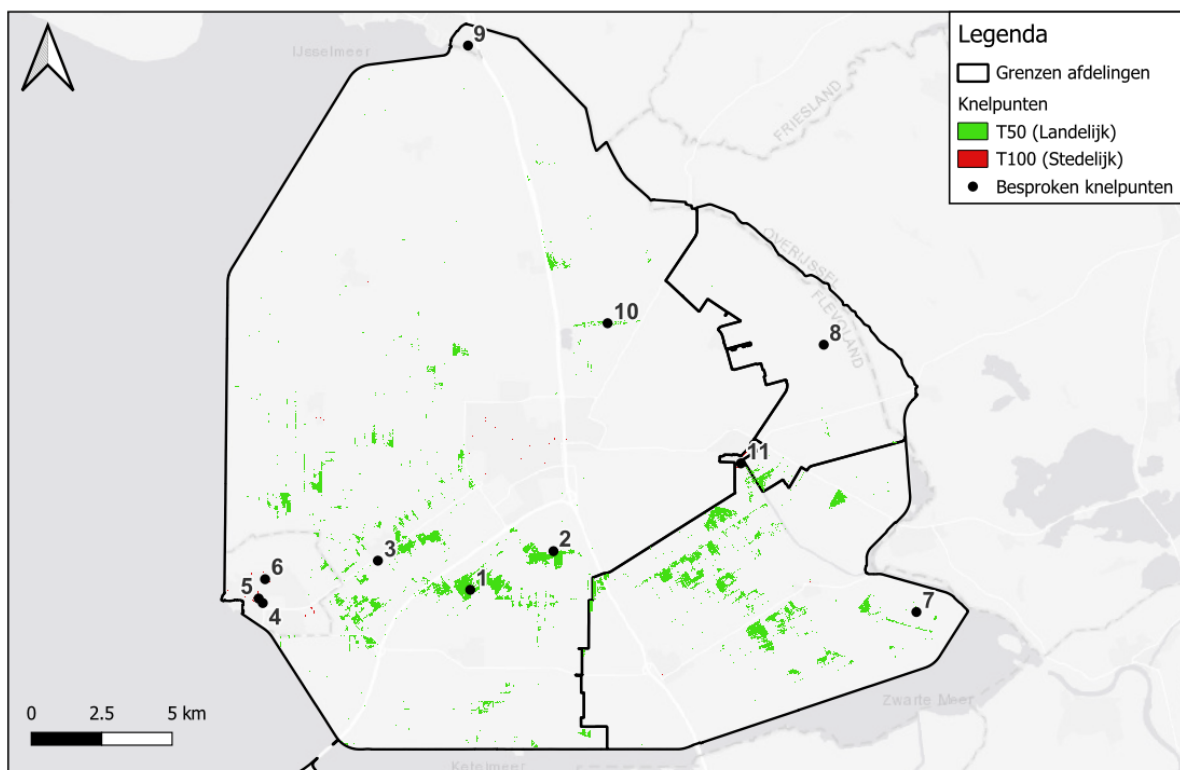
[13] Omgevingsverordening provincie Flevoland, Lokale wet- en regelgeving, url: <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR706275>, geraadpleegd op 19 juni 2026

[14] Grontmij, TNO en Deltares, Bodemdalingskaart Flevoland, 23 maart 2012, GM-0042778 revisie D2

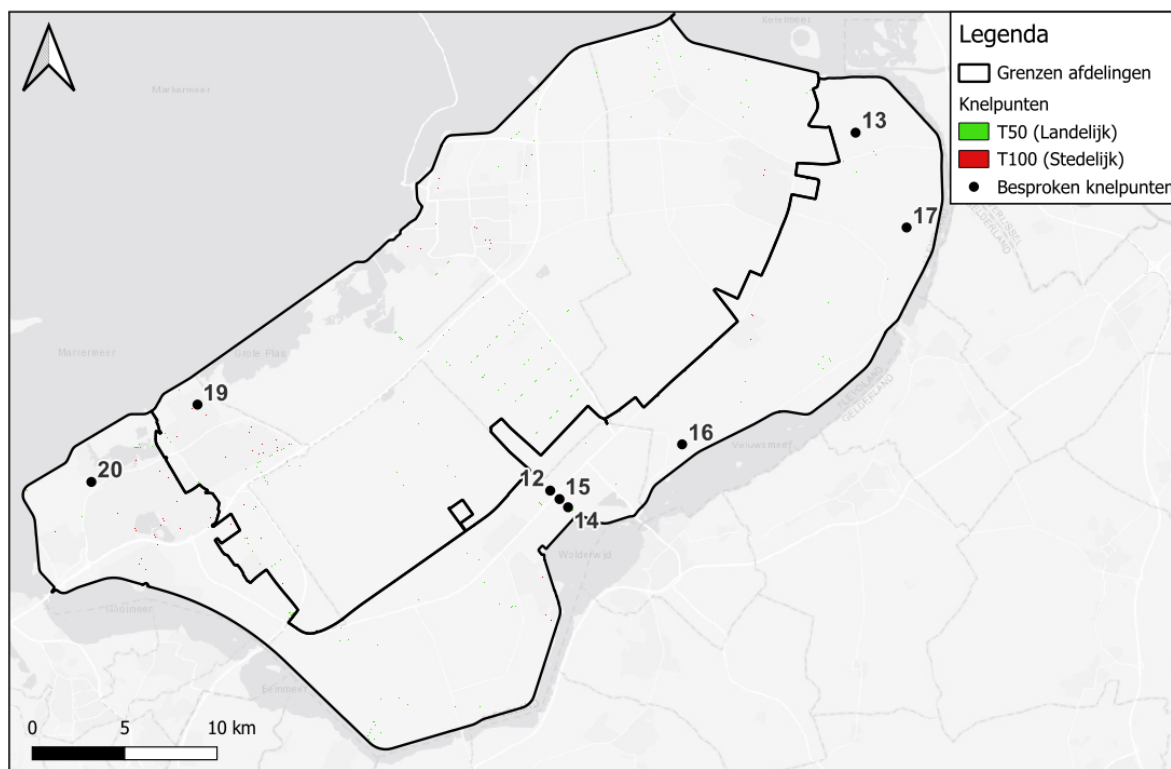
Bijlagen

A Knelpuntenanalyse

In onderstaande figuren staan de knelpuntenkaarten met daarbij nummers van de besproken knelpunten in het beheerdersoordeel. De toelichting bij deze knelpunten is te vinden in Tabel 7.



Figuur 34: Knelpuntenkaart NOP met besproken knelpunten



Figuur 35: Knelpuntenkaart ZOF met besproken knelpunten

Tabel 7: Toelichting op knelpunten op basis van beheerdersoordeel

ID	knelpunt herkend	Toelichting	Actie	Norm	Afdeling
1	Ja	Dit is bodemdalingsgebied en deze knelpunten kwamen ook al naar voren in de vorige toetsing in 2012.		Landelijk (T50)	Lage afdeling NOP
2	Ja	In praktijk zit hier een pomp maar deze is niet opgenomen in model. Patroon van de inundatie klopt wel want dit zijn de percelen met het laagste maaiveld binnen dit gebied.		Landelijk (T50)	Lage afdeling NOP
3	Nee	In noodsituaties zet het waterschap een noodpomp aan waardoor er geen inundatie is.	Inundatiekaart is hierop aangepast	Landelijk (T50)	Lage afdeling NOP
4	Nee	Het streefpeil hier is -5,40 m NAP. Dus 3 meter peilstijging. Dit is niet realistisch, aantal rekenpunten die niet bij het peilvak horen zijn meegenomen in	-3.74 gebruiken bij T100	Stedelijk (T100)	Lage afdeling NOP

ID	knelpunt herkend	Toelichting	Actie	Norm	Afdeling
		waterstandstatistiek. Bij T100 is -3.74 m NAP wel realistisch, dit is benedenstrooms van lange duiker. Dit is overgenomen waardoor hier geen knelpunt meer wordt berekend.			
5	Mogelijk	Mogelijk knelpunt omdat er bijna 1 meter opstuwing is bij T100 over deze combinatie van duikers en stuw. Rond 600 duiker knellend.	Nader onderzoek	Stedelijk (T100)	Lage afdeling NOP
6	Niet zeker	Veel open water, 1 meter peilstijging over duikers/stuw/duiker constructie.	Verder onderzoeken	Stedelijk (T100)	Lage afdeling NOP
7	Nee	1,45 peilstijging bij T50 in dit peilvak Kadoelertocht 1. bij 1 duiker opstuwing van -2.44 naar -2.19. Grens afwateringsgebied ligt over midden van perceel(sloten), geen dam hier. In de praktijk kan het water ook via perceelsloten afwateren.	-2,44 gebruiken bij een T50	Landelijk (T50)	Hoge afdeling NOP
8	Nee	Duiker rond 400 in model die opstuwing veroorzaakt. Dit is onrealistisch dus daarom uit de inundatiekaarten gefilterd. In vorige toetsing geen knelpunt. Er is waarschijnlijk een extra afwateringsroute naar het zuiden waardoor dit geen knelpunt is.	Nu is deze plek uit de inundatie en knelpunten kaarten gefilterd. Na afronding toetsing veldonderzoek nodig om exacte afwateringsroute te bepalen.	Landelijk (T50)	Tussen afdeling NOP
9	Nee	Hier al 80 cm peilstijging bij een T100 na duiker/stuw constructie. Komt niet naar voren als knelpunt omdat normeringskaart hier mist.		Stedelijk (T100)	Lage afdeling NOP
10	Nee	Natuurgebied wat geen norm hoort te hebben, zit mogelijk verkeerd in normeringskaart.		Geen norm	Lage afdeling NOP

ID	knelpunt herkend	Toelichting	Actie	Norm	Afdeling
11	Nee	Dit gebied is na het vaststellen van AHN4 opgehoogd waardoor de lagere maaiveldhoogtes zijn opgenomen in het model. Hier wordt een nieuwbouwwijk gebouwd, in de gehanteerde AHN kaart is het nog niet opgehoogd.	Controle aanleghoogtes met berekende T100 waterstand.	Stedelijk (T100)	Hoge afdeling NOP
12	Gedeeltelijk	Er ontbreekt een duiker naar de vaart en het afwateringsgebied is anders dan in de praktijk.	Nader veldonderzoek nodig om exacte afwateringsroute te bepalen	Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF
13	Ja	Wel eens klachten die hoek, verder onderzoeken.		Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF
14	Ja	Knelpunten.		Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF
15	Ja	Knelpunt.		Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF
16	Geen knelpunt wel herkend	Natuur, laten vernatten. Kievietslanden. Dit is geen knelpunt.		Geen norm	Hoge vaart ZOF
17	Mogelijk	Lagere delen in dit perceel.		Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF
19	Nee	Inundatie niet realistisch, niet alle watergangen zitten in het model. Dit is aangepast in nabewerking door ander rekenpunt voor statistiek te gebruiken.		Stedelijk (T100)	Lage vaart ZOF
20	Geen	Geen knelpunt maar wel veel inundatie. Hier worden nog huizen gebouwd dus landgebruik wordt nog aangepast en maaiveld opgehoogd.		Landelijk (T50)	Hoge vaart ZOF

Datum van vaststelling:

25 augustus 2026

Publicatie:

Dit document wordt extern gepubliceerd

Vervangt:

--

Vastgesteld door:

College van Dijkgraaf en Heemraden

Contactgegevens waterschap Zuiderzeeland:

Adres: Lindelaan 11

E-mail: waterschap@zuiderzeeland.nl

Telefoon: (+31) 320 – 274 911

Website: www.zuiderzeeland.nl



HKV lijn in water BV

Locatie Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Locatie Delft

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

Locatie Amersfoort

Berkenweg 7
3818 LA Amersfoort

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl